COMPTES RENDUS

HEBDOMADAIRES

DES SÉANCES

DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES.

PARIS. — IMPRIMERIE GAUTHIER-VILLARS, QUAI DES GRANDS-AUGUSTINS, 55.

COMPTES RENDUS

HEBDOMADAIRES

DES SÉANCES

DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES,

PUBLIÉS,

CONFORMÉMENT A UNE DÉCISION DE L'ACADÉMIE

EN DATE DU 13 JUILLET 1835,

PAR MM. LES SECRÉTAIRES PERPÉTUELS.

TOME DEUX-CENT-QUATRIÈME.

JANVIER — JUIN **1937**.

PARIS,

GAUTHIER-VILLARS, IMPRIMEUR-LIBRAIRE

DES COMPTES RENDUS DES SÉANCES DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES,

Quai des Grands-Augustins, 55.

1937

ÉTAT DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES

AU 1er JANVIER 1937

SCIENCES MATHÉMATIQUES.

SECTION Ire. — *Géométrie.*

Messieurs :

HADAMARD (*Jacques*-Salomon), C. ✻.
BOREL (Félix-Édouard-Justin-*Émile*), C. ✻.
LEBESGUE (*Henri*-Léon), O. ✻.
CARTAN (*Élie*-Joseph), O. ✻.
JULIA (*Gaston*-Maurice), C. ✻.
. . . .

SECTION II. — *Mécanique.*

LECORNU (*Léon*-François-Alfred), C. ✻.
DRACH (*Jules*), O. ✻.
JOUGUET (Jacques-Charles-*Émile*), C. ✻.
VILLAT (*Henri*-René-Pierre), ✻.
BROGLIE (*Louis*-Victor-Pierre-Raymond, prince DE), ✻.
CAQUOT (*Albert*-Irénée), G. O. ✻.

SECTION III. — *Astronomie.*

DESLANDRES (*Henri*-Alexandre), C. ✻.
ESCLANGON (*Ernest*-Benjamin), O. ✻.
MAURAIN (*Charles*), C. ✻.
LA BAUME PLUVINEL (Eugène-*Aymar*, comte DE), ✻.
FAYET (*Gaston*-Jules), ✻.
. . . .

SECTION IV. — *Géographie et Navigation.*

Messieurs :

LALLEMAND (Jean-Pierre, dit *Charles*), C. ✱.
BOURGEOIS (Joseph-Émile-*Robert*), G. C. ✱.
FICHOT (Lazare-*Eugène*), G. O. ✱.
PERRIER (Antoine-François-Jacques-Justin-*Georges*), G. O. ✱.
TILHO (*Jean*-Auguste-Marie), G. O. ✱.
DURAND-VIEL (*Georges*-Edmond-Just), G. C. ✱. ✠.

SECTION V. — *Physique générale.*

BRANLY (*Édouard*-Eugène-Désiré), G. O. ✱.
BRILLOUIN (Louis-*Marcel*), O. ✱.
PERRIN (*Jean*-Baptiste), C. ✱.
COTTON (*Aimé*-Auguste), O. ✱.
FABRY (Marie-Paul-Auguste-*Charles*), O. ✱.
LANGEVIN (*Paul*), C. ✱.

SCIENCES PHYSIQUES

SECTION VI. — *Chimie.*

BÉHAL (*Auguste*), G. O. ✱.
URBAIN (*Georges*), C. ✱.
BERTRAND (*Gabriel*-Émile), C. ✱.
DELÉPINE (Stéphane-*Marcel*), O. ✱.
LESPIEAU (Pierre-Léon-*Robert*), O. ✱.
. . . .

SECTION VII. — *Minéralogie.*

BARROIS (*Charles*-Eugène), C. ✱.
DOUVILLÉ (Joseph-*Henri*-Ferdinand), C. ✱.
LAUNAY (*Louis*-Auguste-Alphonse DE), C. ✱.
CAYEUX (*Lucien*), O. ✱.
JACOB (*Charles*-François-Étienne), O. ✱.
. . . .

SECTION VIII. — *Botanique.*

Messieurs :

MANGIN (*Louis*-Alexandre), G. O. ✱.
DANGEARD (*Pierre-Augustin*-Clément), O. ✱.
MOLLIARD (*Marin*), O. ✱.
BLARINGHEM (*Louis*-Florimond), ✱.
GUILLIERMOND (Marie-Antoine-*Alexandre*), ✱.
. . . .

SECTION IX. — *Économie rurale.*

LECLAINCHE (Auguste-Louis-*Emmanuel*), G. O. ✱.
LAPICQUE (*Louis*-Édouard), C. ✱.
FOSSE (*Richard*-Jules), ✱.
SCHRIBAUX (Pierre-*Émile*-Laurent), C. ✱.
MOUSSU (Auguste-Léopold, dit *Gustave*), O. ✱.
JAVILLIER (Jean-*Maurice*), O. ✱.

SECTION X. — *Anatomie et Zoologie.*

BOUVIER (*Louis*-Eugène), C. ✱.
MARCHAL (*Paul*-Alfred), C. ✱.
MESNIL (*Félix*-Étienne-Pierre), O. ✱.
GRAVIER (*Charles*-Joseph), O. ✱.
CAULLERY (*Maurice*-Jules-Gaston-Corneille), C. ✱.
PÉREZ (*Charles*), ✱.

SECTION XI. — *Médecine et Chirurgie.*

ARSONVAL (Jacques-*Arsène* D'), G. C. ✱.
VINCENT (Jean-*Hyacinthe*), G. C. ✱.
ACHARD (Émile-*Charles*), C. ✱.
GOSSET (*Antonin*-Louis-Charles-Sébastien), G. O. ✱.
FAURE (*Jean-Louis*), C. ✱.
PORTIER (*Paul*), O. ✱.

SECRÉTAIRES PERPÉTUELS.

Messieurs :

PICARD (Charles-*Émile*), G. C. ✻, pour les sciences mathématiques.
LACROIX (François-Antoine-*Alfred*), G. O. ✻, pour les sciences physiques.

ACADÉMICIENS LIBRES.

BLONDEL (*André*-Eugène), C. ✻.
JANET (*Paul*-André-Marie), C. ✻.
BRETON (*Jules-Louis*), ✻.
OCAGNE (Philbert-*Maurice* D'), C. ✻.
BROGLIE (Louis-César-Victor-*Maurice*, duc DE), O. ✻.
DESGREZ (*Alexandre*), C. ✻.
SÉJOURNÉ (Aignan-*Paul*-Marie-Joseph), G. O. ✻.
HELBRONNER (*Paul*), C. ✻.
GRAMONT (*Armand*-Antoine-Auguste-Agénor, duc DE), O. ✻.
. . . .

MEMBRES NON RÉSIDANTS.

SABATIER (*Paul*), G. O. ✻, à Toulouse.
WEISS (*Pierre*-Ernest), C. ✻, à Strasbourg.
CUÉNOT (*Lucien*-Claude-Jules-Marie), O. ✻, à Nancy.
CAMICHEL (*Charles*-Moïse), O. ✻, à Toulouse.
PICART (Théophile-*Luc*), O. ✻, à Floirac (Gironde).
SERGENT (Étienne-Louis-Marie-*Edmond*), O. ✻, à Alger.

APPLICATIONS DE LA SCIENCE A L'INDUSTRIE.

CHARPY (Augustin-*Georges*-Albert), O. ✻, à Paris.
LUMIÈRE (*Louis*-Jean), G. O. ✻, à Neuilly-sur-Seine.
LAUBEUF (Alfred-*Maxime*), G. O. ✻, à Toulon.
CLAUDE (*Georges*), O. ✻, à Rueil (Seine-et-Oise).
GUILLET (*Léon*-Alexandre), C. ✻, à Paris.
ESNAULT-PELTERIE (*Robert*-Albert-Charles), O. ✻, à Boulogne-sur-Seine.

ASSOCIÉS ÉTRANGERS.

Messieurs :

VOLTERRA (*Vito*), G. O. ✵, à Rome.
HALE (*George* Ellery), à Pasadena (Californie).
THOMSON (Sir *Joseph* John), à Cambridge (Angleterre).
BRÖGGER (*Waldemar Christofer*), C. ✵, à Oslo.
BORDET (*Jules*-Jean-Baptiste-Vincent), G. O. ✵, à Bruxelles.
WINOGRADSKY (*Serge*), à Brie-Comte-Robert (Seine-et-Marne).
TORRES QUEVEDO (*Leonardo*), C. ✵, à Madrid.
RUTHERFORD (Lord *Ernest*), à Cambridge (Angleterre).
WILSON (*Edmund Beecher*), à New York.
ZEEMAN (*Pieter*), C. ✵, à Amsterdam.
EINSTEIN (*Albert*), à Princeton (New Jersey).
. . . .

CORRESPONDANTS.

SCIENCES MATHÉMATIQUES.

SECTION Ire. — *Géométrie* (10 + 1).

HILBERT (*David*), à Göttingen.
LA VALLÉE POUSSIN (*Charles*-Jean-Gustave-Nicolas DE), O. ✵, à Louvain.
LARMOR (Sir *Joseph*), à Cambridge (Angleterre).
DICKSON (*Leonard Eugene*), à Chicago.
NÖRLUND (*Niels Erik*), C. ✵, à Copenhague.
BERNSTEIN (*Serge*), à Leningrad.
BIRKHOFF (*George* David), à Cambridge (Massachusetts).
CASTELNUOVO (*Guido*), à Rome.
FABRY (Charles-*Eugène*), ✵, à Marseille.
COTTON (*Émile*-Clément), ✵, à Grenoble.
GIRAUD (*Georges*-Julien), à Bonny-sur-Loire (Loiret).

Section II. — *Mécanique* (10 + 1).

Messieurs :

Levi-Civita (*Tullio*), à Rome.
Waddell (*John Alexander Low*), à New York.
Roy (*Louis*-Maurice), ✻, à Toulouse.
Auclair (Noël-Marie-*Joseph*), O. ✻, à Bellevue.
Stodola (*Aurel*), à Zurich.
Love (*Augustus Edward Hough*), à Oxford.
Haag (*Jules*), ✻, à Besançon.
Thiry (*René*-Paul-Eugène), ✻, à Strasbourg.
Riabouchinsky (*Dimitri* Pavlovitch), à Paris.
Thuloup (Émile-Adrien-*Albert*), O. ✻, à Grasse (Alpes-Maritimes).
....

Section III. — *Astronomie* (10).

Dyson (Sir *Frank* Watson), à Greenwich.
Campbell (*William Wallace*), O. ✻, au Mount Hamilton (Californie).
Fabry (*Louis*), ✻, à Marseille.
Fowler (*Alfred*), à Londres.
Brown (*Ernest William*), à New Haven (Connecticut).
Schlesinger (*Frank*), O. ✻, à New Haven (Connecticut).
Adams (*Walter Sydney*), à Pasadena (Californie).
Bosler (*Jean*), ✻, à Marseille.
....
....

Section IV. — *Géographie et Navigation* (10).

Hedin (*Sven* Anders), à Stockholm.
Bowie (*William*), à Washington.
Richard (*Jules*), O. ✻, à Monaco.
Schokalsky (*Jules*), ✻, à Leningrad.
Vanssay de Blavous (*Pierre*-Marie-Joseph-Félix-Antoine de), C. ✻, à Monaco.
Vening Meinesz (*Felix Andries*), à Amersfoort (Pays-Bas).
Poisson (Victor-Marie-Augustin-*Charles*), ✻, à Tananarive.
Koch (*Lauge*), O. ✻, à Copenhague.
Lejay (*Pierre*), à Shanghaï.
....

Section V. — *Physique générale* (10).

Messieurs :

GUILLAUME (*Charles-Édouard*), C. ✻, à Sèvres.
MATHIAS (*Émile*-Ovide-Joseph), O. ✻, à Clermont-Ferrand.
BRAGG (Sir *William* Henry), à Londres.
MILLIKAN (*Robert Andrews*), à Pasadena (Californie).
GUYE (*Charles-Eugène*), ✻, à Genève.
TOWNSEND (*John* Sealy), ✻, à Oxford.
CABRERA (*Blas*), à Madrid.
GUTTON (*Camille*-Antoine-Marie), O. ✻, à Paris.
BUISSON (*Henri*-Auguste), O. ✻, à Marseille.
CABANNES (*Jean*), ✻, à Montpellier.

SCIENCES PHYSIQUES.

Section VI. — *Chimie* (10 + 1).

WALDEN (*Paul*), à Rostock (Allemagne).
PICTET (*Amé*), O. ✻, à Genève.
RECOURA (*Albert*), O. ✻, à Grenoble.
SENDERENS (*Jean-Baptiste*), ✻, à Rabastens-de-Bigorre (Hautes-Pyrénées).
HADFIELD (Sir *Robert* Abbott), O. ✻, à Londres.
POPE (Sir *William* Jackson), à Cambridge (Angleterre).
PASCAL (*Paul*-Victor-Henri), ✻, à Paris.
SWARTS (*Frédéric*-Jean-Edmond), O. ✻, à Gand.
HOLLEMAN (*Arnold Frederik*), ✻, à Bloemendaal (Pays-Bas).
GODCHOT (*Marcel*), O. ✻, à Montpellier.
NICLOUX (*Maurice*), O. ✻, à Strasbourg.

Section VII. — *Minéralogie* (10).

HEIM (*Albert*), à Zurich.
BIGOT (*Alexandre*-Pierre-Désiré), ✻, à Mathieu (Calvados).

Messieurs :

LUGEON (*Maurice*), C. ✻, à Lausanne.
MARGERIE (*Emmanuel*-Marie-Pierre-Martin JACQUIN DE), O. ✻, à Paris.
VERNADSKY (*Wladimir*), à Moscou.
CESÁRO (*Giuseppe* Raimondo Pio), à Comblain-au-Pont (Belgique).
GIGNOUX (*Maurice*-Irenée-Marie), ✻, à Grenoble.
LERICHE (*Maurice*-Henri-Charles), ✻, à Uccle-Bruxelles.
LAPPARENT (Marie-*Jacques* COCHON DE), ✻, à Strasbourg.
MRAZEC (*Ludovic*), C. ✻, à Bucarest.

SECTION VIII. — *Botanique* (10).

LECLERC DU SABLON (Albert-*Mathieu*), ✻, à Vénéjan (Gard).
MAIRE (*René*-Charles-Joseph-Ernest), ✻, à Alger.
DANIEL (*Lucien*-Louis), ✻, à Rennes.
IKENO (*Seiitirô*), à Tokyo.
PERRIER DE LA BÂTHIE (*Henri*-Alfred-Joseph), ✻, à Saint-Pierre-d'Albigny (Savoie).
DEVAUX (*Henri*-Edgard), ✻, à Bordeaux.
BLAKESLEE (*Albert Francis*), à Long-Island (New York).
GRÉGOIRE (*Victor*-Marie-Joseph-Théodore), à Louvain.
MAIGE (Louis-*Albert*), ✻, à Lille.
....

SECTION IX. — *Économie rurale* (10).

IMBEAUX (Charles-*Édouard*-Augustin), O. ✻, à Nancy.
RUSSELL (Sir Edward *John*), à Harpenden (Angleterre).
RAVAZ (Étienne-*Louis*), O. ✻, à Montpellier.
LAGATU (*Henri*-Désiré), O. ✻, à Montpellier.
MARCHAL (*Émile*-Jules-Joseph), à Gembloux (Belgique).
VALLÉE (*Henri*-Pierre-Michel), C. ✻, à Dijon.
....
....
....
....

SECTION X. — *Anatomie et Zoologie* (10).

Messieurs :

BOULENGER (*George-Albert*), à Bruxelles.
BATAILLON (Jean-*Eugène*), O. ✻, à Castelnau-le-Lez (Hérault).
VAYSSIÈRE (Jean-Baptiste-Marie-*Albert*), ✻, à Marseille.
LAMEERE (*Auguste*-Alfred-Lucien-Gaston), ✻, à Saint-Gilles-lez-Bruxelles.
LÉGER (*Louis*-Urbain-Eugène), O. ✻, à Grenoble.
PELSENEER (*Paul*), O. ✻, à Bruxelles.
MORGAN (*Thomas Hunt*), à Pasadena (Californie).
BOUIN (André-*Pol*), O. ✻, à Strasbourg.
GUYÉNOT (*Émile*-Louis-Charles), ✻, à Genève.
CHATTON (*Édouard*-Pierre-Léon), ✻, à Sète.

SECTION XI. — *Médecine et Chirurgie* (10).

YERSIN (*Alexandre*-John-Émile), C. ✻, à Nha-Trang (Annam).
WRIGHT (Sir *Almroth* Edward), à Londres.
SHERRINGTON (Sir *Charles* Scott), à Ipswich (Angleterre).
FORGUE (*Émile*), C. ✻, à Paris.
CARREL (*Alexis*), C. ✻, à New York.
LUMIÈRE (*Auguste*-Marie-Louis-Nicolas), G. O. ✻, à Lyon.
FLEXNER (*Simon*), C. ✻, à New York.
SANARELLI (*Giuseppe*), G. O. ✻, à Rome.
SABRAZÈS (*Jean*-Émile), ✻, à Bordeaux.
. . . .



COMPTES RENDUS
DES SÉANCES
DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 4 JANVIER 1937.

PRÉSIDENCE DE M. JEAN PERRIN, PUIS DE M. EMMANUEL LECLAINCHE.

M. **Jean Perrin**, Président sortant, fait connaître à l'Académie l'état où se trouve l'impression des recueils qu'elle publie et les changements survenus parmi les Membres, les Associés étrangers et les Correspondants pendant le cours de l'année 1936.

État de l'impression des recueils de l'Académie au 1er janvier 1937.

Comptes rendus des séances de l'Académie. — Le tome 201 (2e semestre de l'année 1935) a paru avec ses tables.

Les numéros des 1er et 2e semestres de l'année 1936 ont paru, chaque semaine, avec la régularité habituelle. Les tables du 1er semestre sont sur le point de paraître.

Mémoires de l'Académie. — Le tome 62 a paru et a été mis en distribution.

Procès-verbaux des séances de l'Académie des Sciences, tenues depuis la fondation de l'Institut jusqu'au mois d'août 1835.

Un volume de tables générales est en voie d'achèvement.

Annuaire de l'Académie. — L'Annuaire pour 1937 a paru; il est mis en distribution au cours de la présente séance.

Membres décédés depuis le 1er janvier 1936.

Section de Géométrie. — M. **Édouard Goursat**, le 25 novembre, à Paris.

Section d'Astronomie. — M. **Maurice Hamy**, le 9 avril, à Paris.

Section de Chimie. — M. **Henry Le Chatelier**, le 17 septembre, à Miribel-les-Échelles, Isère.

Section de Minéralogie. — M. **Frédéric Wallerant**, le 11 juillet, à Paris.

Section de Botanique. — M. **Julien Costantin**, le 17 novembre, à Paris.

Section d'Économie rurale. — M. **Pierre Viala**, le 11 février, à Paris.

Académiciens libres. — M. **Jean Charcot**, le 16 septembre, péri en mer, près de Reykjavik, Islande, au retour d'une croisière scientifique au Groenland.

Membres non résidants. — M. **Charles Nicolle**, le 28 février, à Tunis.

Membres élus depuis le 1er janvier 1936.

Section d'Économie rurale. — M. **Maurice Javillier**, le 7 décembre, en remplacement de M. Pierre Viala, décédé.

Section de Médecine et Chirurgie. — M. **Paul Portier**, le 25 mai, en remplacement de M. Charles Richet, décédé.

Membres non résidants. — M. **Charles Camichel**, le 17 février, en remplacement de M. Charles Flahault, décédé;

M. **Luc Picart**, le 16 mars, en remplacement de M. Victor Grignard, décédé;

M. **Edmond Sergent**, le 14 décembre, en remplacement de M. Charles Nicolle, décédé.

Applications de la Science à l'Industrie. — M. **Robert Esnault-Pelterie**, le 22 juin, en remplacement de M. Jean Rey, décédé.

Membres à remplacer.

Section de Géométrie. — M. **Édouard Goursat**, mort à Paris, le 25 novembre 1936.

Section d'Astronomie. — M. **Maurice Hamy**, mort à Paris, le 9 avril 1936.

Section de Chimie. — M. **Henry Le Chatelier**, mort à Miribel-les-Échelles, Isère, le 17 septembre 1936.

Section de Minéralogie. — M. **Frédéric Wallerant**, mort à Paris, le 11 juillet 1936.

Section de Botanique. — M. **Julien Costantin**, mort à Paris, le 17 novembre 1936.

Académiciens libres. — M. **Jean Charcot**, mort en mer, près de Reykjavik, Islande, au retour d'une croisière scientifique au Groenland, le 16 septembre 1936.

Associés étrangers. — M. **Emanuele Paternò di Sessa**, mort à Palerme, le 18 janvier 1935.

Correspondants décédés depuis le 1er *janvier* 1936.

Pour la Section d'Astronomie. — M. **Paul Stroobant**, le 15 juillet, à Saint-Gilles-lez-Bruxelles.

Pour la Section de Géographie et Navigation. — M. **Gustave Binger**, le 10 novembre, à l'Isle-Adam, Seine-et-Oise.

Pour la Section de Botanique. — M. **Camille Sauvageau**, le 5 août, à Vitrac, Dordogne.

Pour la Section d'Économie rurale. — Sir **Arnold Theiler**, le 24 juillet, à Londres; M. **Edoardo Perroncito**, le 4 novembre, à Pavie, Italie.

Pour la Section de Médecine et Chirurgie. — M. **Ivan Pavlov**, le 27 février, à Leningrad.

Correspondants élus depuis le 1er janvier 1936.

Pour la Section de Géométrie. — M. **Georges Giraud**, le 14 décembre, à Bonny-sur-Loire, Loiret.

Pour la Section de Mécanique. — M. **Albert Thuloup**, le 14 décembre, à Grasse, Alpes-Maritimes, en remplacement de M. Charles Camichel, élu Membre non résidant.

Pour la Section d'Astronomie. — M. **Jean Bosler**, le 30 mars, à Marseille, en remplacement de M. Willem de Sitter, décédé.

Pour la Section de Chimie. — M. **Marcel Godchot**, le 17 février, à Montpellier, en remplacement de M. Antoine Guntz, décédé; M. **Maurice Nicloux**, le 16 mars, à Strasbourg.

Pour la Section de Minéralogie. — M. **Jacques de Lapparent**, le 9 mars, à Strasbourg, en remplacement de M. Georges Friedel, décédé; M. **Ludovic Mrazec**, le 23 mars, à Bucarest, en remplacement de M. Henry Fairfield Osborn, décédé.

Pour la Section de Botanique. — M. **Victor Grégoire**, le 4 mai, à Louvain, en remplacement de M. Hugo de Vries, décédé; M. **Albert Maige**, le 29 juin, à Lille, en remplacement de M. Henri Jumelle, décédé.

Pour la Section de Médecine et Chirurgie. — M. **Jean Sabrazès**, le 15 juin, à Bordeaux, en remplacement de M. Léon Fredericq, décédé.

Correspondants à remplacer.

Pour la Section d'Astronomie. — M. **Luc Picart**, élu Membre non résidant, le 17 février 1936; M. **Paul Stroobant**, mort à Saint-Gilles-lez-Bruxelles, le 15 juillet 1936.

Pour la Section de Géographie et Navigation. — M. **Gustave Binger**, mort à l'Isle-Adam, Seine-et-Oise, le 10 novembre 1936.

Pour la Section de Botanique. — M. **Camille Sauvageau**, mort à Vitrac, Dordogne, le 5 août 1936.

Pour la Section d'Économie rurale. — M. **Theobald Smith**, mort à Princeton, États-Unis, le 10 décembre 1934; Sir **Arnold Theiler**, mort à Londres, le 24 juillet 1936; M. **Edoardo Perroncito**, mort à Pavie, Italie, le 4 novembre 1936; M. **Edmond Sergent**, élu membre non résidant, le 14 décembre 1936.

Pour la Section de Médecine et Chirurgie. — M. **Ivan Pavlov**, mort à Leningrad, le 27 février 1936.

Pour les Sections qui seront désignées par l'Académie :

A. — Le Correspondant suivant pour la Section de Chimie : M. **Robert de Forcrand de Coiselet**, mort à Nice, le 20 avril 1933.

B. — Le Correspondant suivant pour la Section de Physique générale : M. **Pieter Zeeman**, élu Associé étranger, le 19 juin 1933.

C. — Le Correspondant suivant pour la Section de Botanique : M. **Dukinfield Henry Scott**, mort à Oakley, Angleterre, le 29 janvier 1934.

D. — Le Correspondant suivant pour la Section d'Anatomie et Zoologie : M. **Santiago Ramon Cajal**, mort à Madrid, le 17 octobre 1934.

M. **Jean Perrin**, Président sortant, s'exprime en ces termes :

Mes chers Confrères,
Mes chers amis,

Je n'ai pas aujourd'hui de discours à vous faire, mais je veux vous remercier, très affectueusement, de la sympathie que vous m'avez constamment témoignée. Ma présidence a manqué parfois de solennité, mais vous ne m'en avez pas voulu, car nous sommes tous au-dessus de tout formalisme.

Et je suis heureux de saluer notre nouveau Président, Emmanuel Leclainche, et de le remercier pour la bonne grâce souriante qu'il a mise à me remplacer si souvent déjà au cours de cette année.

En prenant possession du fauteuil de la Présidence, M. **Emmanuel Leclainche** s'exprime en ces termes :

Mes chers Confrères,

L'hommage que vous adresse chaque année votre nouveau président est quelque peu gêné dans son expression par l'équivoque qu'il consacre. Il est trop certain que votre suffrage, imposé par une aimable tradition, est déterminé par la consultation de notre annuaire. Vos élus en éprouveraient de la confusion si la cordialité de votre accueil ne leur donnait l'illusion qu'ils ont été librement choisis. C'est par là qu'ils demeurent vos obligés et c'est pour cela que je remplis un agréable devoir en vous exprimant ma sincère gratitude.

Je n'ignore point que mes prédécesseurs ont presque tous profité de l'occasion unique et fugitive qui leur en était offerte pour souhaiter quelque amendement à nos statuts ou à nos usages. A leur encontre, je ne formulerai ni désir ni regret. J'ai cette conviction qu'il serait sacrilège de troubler la parfaite harmonie qui nous entoure.

La magnifique salle qui nous abrite ne répond point sans doute aux exigences du confort moderne, mais son architecture claustrale nous isole du monde comme en une Thébaïde lointaine. Son décor classique et discret convient à la sérénité de nos travaux. La lumière nous est chichement dispensée, mais il arrive qu'elle anime aux heures claires les visages des grands ancêtres qui, dans leurs cadres aux ors éteints, nous assistent et nous protègent.

Peut-être archaïques et désuets, nos règlements recèlent l'expérience et la sagesse d'un passé d'autant plus respectable à nos yeux qu'on l'estime moins au dehors. Et j'admire sans réserve la sollicitude d'un protocole qui nous saisit en deçà de la salle des séances pour nous installer sur un siège inconfortable, mais délibérément choisi, où nous pouvons entendre sans les écouter les conversations de nos voisins, ou écouter sans les entendre les doctes présentations de nos Confrères.

Peut-être apprécions-nous d'autant plus cette fixité des choses qu'à un rythme effréné tout se transforme ou s'efface autour de nous et que sont révoqués ou méprisés les principes qui régissaient les rapports des individus et des peuples.

Doté par la science moderne de possibilités indéfinies, l'homme peut les utiliser indifféremment pour le bien ou pour le mal, édifier un monde nouveau ou anéantir sa race. A défaut d'une loi morale qui impose son choix, peut-on espérer que cette lueur vacillante qu'est la raison humaine,

ou le simple instinct de la conservation, lui permettront d'éviter le pire destin?

Il est attristant qu'une telle question puisse être posée; il est plus douloureux encore que l'on hésite à y répondre.

Et faut-il s'étonner si, menacés de terrifiantes catastrophes, des humains affolés se demandent, insoucieux du blasphème, si Zeus n'aurait pas bien fait d'étrangler Prométhée !

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Ministre de l'Éducation nationale** adresse ampliation du décret, en date du 25 décembre 1936, qui porte approbation de l'élection que l'Académie a faite de M. **Edmond Sergent** pour occuper dans la Division des Membres non résidants la place vacante par le décès de *M. Ch. Nicolle*.

Il est donné lecture de ce décret.

M. **Émile Picard** présente à l'Académie l'*Annuaire du Bureau des Longitudes* pour 1937.

Outre les données habituelles relatives à l'Astronomie, ce volume contient des développements relatifs à la Géodésie, à la Météorologie, au Magnétisme terrestre et aux signaux horaires. Le dernier Chapitre est consacré à des *Statistiques géographiques et démographiques*, soigneusement revues par M. Guillaume Grandidier et par M. Alfred Barriol.

Le volume se termine par deux Notices dues, l'une à M. Albert Pérard *sur la mesure des grandes longueurs au moyen des interférences lumineuses*, l'autre à M. Donatien Cot *sur les procédés récents de sondage par le son.*

MÉCANIQUE. — *Sur l'extinction du frottement.* Note de M. **Léon Lecornu.**

Dans une Communication *Sur quelques questions de Mécanique rationnelle* faite le 4 août 1905 au Congrès de l'Association française pour l'Avancement des sciences, Paul Appell disait (¹) :

(¹) *Bulletin de l'A. F. A. S.*, 33, 1905, p. 272.

Peut-être existe-t-il pour le frottement un principe caché, qu'on pourra dégager des faits suivants. Il semble que dans beaucoup de cas, le mouvement du système à frottement se fait de façon que le travail dû au frottement diminue de plus en plus en valeur absolue. Il semble, en d'autres termes, que le système cherche à échapper au frottement. C'est ainsi qu'un cerceau ou une boule qui glissent finissent par rouler, qu'une toupie arrondie lancée sur un plan horizontal se redresse de façon que le frottement soit appliqué à un parallèle de plus en plus petit, etc. Il y aurait grand intérêt à réunir ces observations dans un énoncé précis résumant sous ce nouveau point de vue les effets du frottement.

La lecture de ce passage me conduisit à publier en 1907 (1) un article intitulé *Sur l'extinction du frottement*, dans lequel était étudié le mouvement d'un ensemble quelconque de sphères homogènes (ou formées de couches concentriques et homogènes) ayant leurs centres fixes et affectées de frottements mutuels, ou bien de cylindres de révolution tournant autour de leurs axes, supposés parallèles, et se frottant pareillement. Je montrais que le travail élémentaire du frottement est constamment décroissant, suivant une loi dont je donnais l'expression.

Peu de temps après, P. Appell fit paraître sous le même titre (2) une Note dans laquelle, après avoir cité mon travail, qu'il voulait bien déclarer intéressant, il établissait un théorème dont je vais bientôt parler.

Depuis lors, pendant une trentaine d'années, personne, à ma connaissance, ne s'était plus occupé de ce sujet lorsque, dans une conférence faite le 4 mars 1936 à la Société astronomique sur *La théorie de la rotation du Soleil et de la circulation générale de l'atmosphère*, M. Wehrlé, directeur de l'Office nationale météorologique, signala (3) que, d'après une équation de Boltzmann, la puissance dissipée dans un système matériel en mouvement se rattache à la probabilité de ses états successifs, en sorte que le minimum de dissipation d'énergie correspond au maximum de probabilité.

Mon attention ayant été ainsi rappelée sur la question de l'extinction du frottement, voici ce que j'ai trouvé.

P. Appell envisage un système assujetti d'une part à des liaisons sans frottement, d'autre part, à des glissements relatifs de solides dépolis. Il désigne par $2T$ la force vive, par Π le potentiel des forces intérieures, supposé positif dans toutes les configurations possibles du système et nul dans une position d'équilibre stable, sous l'action des seules forces intérieures.

(1) *Bulletin de la Société mathématique*, 35, 1907, p. 3.
(2) *Bulletin de la Société mathématique*, 35, 1907, p. 131.
(3) *Bulletin de la Société astronomique de France*, 50, 1936, p. 435 et 459.

Il admet que les forces extérieures dérivent d'une fonction U, inférieure à une limite fixe. Ceci posé, il écrit l'équation différentielle des forces vives :

$$d(T + \Pi) = dU - \Sigma(fNv)\,dt, \quad (1)$$

où f, N, v sont respectivement : le coefficient de frottement, la valeur absolue de la réaction normale et la valeur absolue de la vitesse de glissement en chaque point de contact de deux solides. En discutant cette équation il obtient le théorème suivant :

Si les réactions restent finies, il est impossible que l'un quelconque des produits NV, *ainsi que* ΣfNV, *ait une limite inférieure autre que zéro.*

D'après cela il ne subsiste finalement que des roulements et des pivotements (mouvements supposés sans résistance) ou bien un état d'équilibre stable. Le système est censé se mouvoir dans le vide.

P. Appell se restreint ainsi au cas où le travail des forces extérieures demeure, quel que soit le temps, limité. Or, considérons cet exemple très simple déjà discuté dans ma Note de 1907 : trois cylindres C, C_1, C_2, de révolution, dont les axes sont fixes et parallèles, sont disposés de façon que C touche extérieurement C_1 et C_2, qui ne se touchent pas et que des forces extérieures obligent à tourner uniformément en sens contraire. C glisse nécessairement contre l'un au moins des deux autres cylindres. Si donc il y a frottement de glissement, le travail fourni par les forces extérieures croît indéfiniment avec le temps.

Dans tous les cas de ce genre l'équation (1) doit être remplacée par celle-ci :

$$d(T + \Pi) = (\Theta - \Sigma fNv)\,dt, \quad (2)$$

dans laquelle $\Theta\,dt$ représente le travail des forces extérieures, l'intégrale $\int \Theta\,dt$ croissant sans limite.

Si, quelle que soit la durée de l'expérience, l'expression $\Delta = \Theta - \Sigma fNv$ est, en moyenne, négative, l'énergie $T + \Pi$ est décroissante et, comme elle ne peut devenir négative, Δ tend nécessairement vers zéro. Si au contraire $\Delta > 0$, les choses se passent d'une façon plus compliquée. L'énergie augmente aussi longtemps que Δ ne s'annule pas.

Dans ma Note de 1907, j'ai montré que, pour le cas précité de trois cylindres en contact, la vitesse du cylindre intermédiaire, si elle est d'abord nulle, croît proportionnellement au temps, sans variation de Δ, jusqu'à ce que l'un des glissements disparaisse. A cet instant, Δ s'annule brusquement ainsi que l'action tangentielle correspondant à ce glissement. La cessation

soudaine de cette action est accompagnée d'une sorte de détente des couches superficielles en contact, phénomène qui relève de la théorie de l'Élascité. Au début du glissement une certaine dose d'énergie potentielle s'emmagasine pour être libérée au début du roulement. Ajoutons que, pendant le roulement, se produit un léger aplatissement des cylindres en contact (sans quoi la pression serait infinie sur la génératrice commune) et qu'ainsi le siège de l'énergie potentielle se déplace constamment.

Ce sont là des faits généraux qu'on retrouve, notamment dans le mouvement de la bille de billard et dans celui d'un cerceau lancé avec glissement initial.

Le redressement progressif de l'axe d'un corps ovoïde posé sur une table est un phénomène assez spécial. Pour que ce redressement se produise, il faut que la rotation soit très rapide, et la théorie classique de l'effet gyroscopique suffit alors pour en rendre compte. Si la rotation est lente, l'axe, à moins que le corps ne soit convenablement lesté, tend au contraire à se coucher. Deux états limites sont donc possibles : ou bien pivotement autour de l'axe vertical, ou bien roulement sur la table. Mais, dans les deux cas, tout glissement est finalement supprimé, comme le veut le théorème d'Appell, qui est ici applicable sans modification.

Sans avoir besoin d'insister davantage, on se rend compte que, si les forces extérieures n'y mettent pas obstacle, il existe un état limite quasi permanent, dans lequel le travail absorbé par le frottement se trouve réduit au minimum compatible avec ces forces, l'énergie devenant finalement constante en moyenne, avec des oscillations plus ou moins prononcées.

Comme le travail absorbé par le frottement se dissipe en énergie thermique, on peut dire que l'extinction du frottement se trouve liée au principe du minimum de dissipation.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Recherches sur le sérum sanguin et le plasma musculaire chez le fœtus.* Note (¹) de MM. **Charles Achard** et **Maurice Piettre.**

L'un de nous a montré (²) que certaines cellules de l'organisme (cellule mammaire), bien avant leur spécialisation fonctionnelle (femelles primipares) ou après leur retour à l'état indifférent entre deux lactations (femelles adultes), sont capables de manifester une *activité trophique*,

(¹) Séance du 28 décembre 1936.

(²) Maurice Piettre, *Comptes rendus*, 198, 1934, p. 1414 et 1454.

activité spéciale se traduisant par une sécrétion albumineuse souvent abondante « miel ou cire » totalement différente de la sécrétion lactée.

Cette sécrétion trophique aboutit à l'élaboration, dans la cellule même, de protéines (globuline, myxoprotéine et albumine) voisines des protéines sériques correspondantes. Celle qui apparaît la première et reste assez longtemps prédominante est une myxoprotéine, plus pauvre en carbone, mais plus riche en oxygène, qui peut être considérée comme la protéine basale d'où dérivent les deux autres par un processus d'ailleurs inconnu. Nous avons cherché dès lors si d'autres liquides organiques tels que le sérum sanguin, le plasma de la cellule musculaire, prélevés sur le fœtus pendant son développement ne donneraient pas lieu à des constatations analogues.

I. Nos investigations ont porté tout particulièrement sur la composition chimique du sérum sur le fœtus des grandes femelles domestiques, en fonction de son évolution.

Le sang était recueilli aux abattoirs parisiens de Vaugirard, sur des fœtus vivants délivrés aussitôt après le sacrifice des mères. Suspendus par les membres postérieurs, on sectionnait les gros vaisseaux de la région cervicale en évitant les souillures par le mucus cutané et buccal. Le sang défibriné était transporté à froid au laboratoire, puis centrifugé pour séparer le sérum.

Plusieurs sérums recueillis dans les mêmes conditions, à l'abattoir de Tunis, nous ont été envoyés par avion, après addition de quelques gouttes de toluène, par Mlle Cordier, de l'Institut Arloing.

Voici les résultats analytiques obtenus par la méthode de l'acétone et groupés d'après l'âge approximatif des fœtus :

Numéros.	Extrait sec pour 100.	Composition pour 100. Sérum-globuline.	Myxo-protéine.	Sérum-albumine.	Lipides (moyennes).
	a. — Fœtus de 4 à 6 mois.				
1 (Vaugirard)...........	4,64	0,37	1,58	0,89	0,125
2 »	4,78	0,35	1,82	1,15	»
3 (Tunis)..............	4,63	0,29	1,79	1,29	»
4 »	4,50	0,28	1,92	0,95	»
	b. — Fœtus de 7 à 9 mois.				
5 (Vaugirard)..........	5,68	0,48	1,54	2,18	0,175
6 »	5,10	0,39	1,47	1,85	»
7 (Tunis).............	4,93	0,41	1,19	1,43	»
8 »	5,32	0,71	1,16	1,86	»

Les cendres (*a* et *b*) variaient de $0^g,73$ à $0^g,88$ et les chlorures de $0^g,579$ à $0^g,62$ en NaCl. Nous donnons, à titre comparatif, les analyses de sérums de veaux sacrifiés pour la boucherie à l'âge de 4 à 6 semaines :

	Pour 100.		Pour 100.			
Numéros.	Extrait sec.	Cendre.	Sérum globuline.	Myxo-protéine.	Sérum albumine.	Lipides (moyennes).
9 (Vaugirard).	7,67	0,73	1,09	1,86	3,35	0,31
10 » .	7,83	0,78	1,32	1,37	3,26	»
11 » .	7,95	0,81	2,26	1,46	3,42	»

Chez le bœuf adulte, sain, bien reposé, la composition moyenne en protéines pour 100 est la suivante : sérum globuline, $2^g,4$; myxoprotéine, $1^g,2$; sérum albumine, $3^g,8$.

II. Des recherches complémentaires ont été faites sur le plasma musculaire et accessoirement sur la teneur en glycogène des muscles et du foie.

Sur le plasma musculaire, on a procédé à quelques déterminations du pH en fonction de l'âge approximatif du fœtus. Les muscles de la cuisse et de l'épaule, prélevés dans les meilleures conditions possibles, étaient broyés à l'état congelé, puis la pulpe passée, après décongélation, à la presse.

Rendements moyens pour 100 en suc plasmatique, à peine rosé : 38 à 45^{cm^3}.

	Extraits secs (moyenne).	Cendres (moyenne).
Fœtus de 4 à 6 mois.............	5,69	0,94
»	7,02	0,98
»	6,39	1,01
Fœtus de 6 à 9 mois.............	9,48	0,96
»	9,86	0,89

Les valeurs de pH, mesurées par la méthode électrométrique ont varié de 6,06 à 5,9 (fœtus très jeunes), et de 5,87 à 5,65 (fœtus à termes). La séparation du glycogène dans le plasma musculaire a pu être obtenue par précipitation à froid au demi-volume, mais avec entraînement de 8 à 10^g de globulines (calculé d'après la teneur en azote) et qu'il a été impossible d'éliminer complètement. La teneur pour 100 en glycogène, dosé par la potasse alcoolique, oscillait de $1^g,25$ à $3^g,15$ dans les muscles, de 3^g à $6^g,85$ dans le foie, et autour de $0^g,5$ (cœur) pour 3 fœtus étudiés. Le pH du tissu hépatique éclaté par l'histocloste et mis en suspension dans son volume d'eau distillée est d'environ 6,6.

Conclusions. — Deux faits intéressants se dégagent de ces recherches :

1° dans le sérum, chez le fœtus, c'est la myxoprotéine qui occupe la place la plus importante dans les premiers mois de son évolution; 2° dans le parenchyme musculaire, l'abaissement progressif du pH, permet de suivre l'entraînement fonctionnel de la cellule musculaire en fonction de l'âge.

Pendant l'évolution morphologique du jeune être, avant leur spécialisation physiologique, les cellules manifestent donc une *activité trophique* aboutissant à l'augmentation de la masse protoplasmique générale, condition capitale pour la formation des tissus.

CRYPTOGAMIE. — Graminella bulbosa *nouveau genre d'Entophyte parasite des larves d'Éphémérides du genre* Baetis. Note [1] de M. **Louis Léger** et Mlle **Marcelle Gauthier**.

Nous décrirons ici sous le nom de *Graminella bulbosa* n. g. n. sp., un Champignon entophyte à ranger dans le groupe des Harpellacées Lég. et Dub., dont tous les représentants vivent dans le tube digestif des larves aquatiques d'Insectes et dont nous avons déjà fait connaître plusieurs formes [2].

G. bulbosa vit de même fixé à la cuticule rectale des larves de *Baetis* du type *rhodani* où il se présente sous forme d'un petit arbuscule de 500 à 600$^{\mu}$ de longueur, à pied renflé en bulbe à la base et à branches à peine divergentes, ondulées, terminées par de longs épis de spores, comme une minuscule graminée (*fig.* 1). On peut compter dans un même hôte jusqu'à 30 à 40 de ces arbuscules disposés parallèlement, côte à côte (*fig.* 3) et formant, ainsi réunis, comme une gerbe microscopique de céréales dont les épis mûrs sont toujours tournés vers l'extérieur.

Chaque pied est fixé sur la cuticule rectale par une cellule basilaire renflée en un bulbe dont le fond se déprime plus tard en une sorte de ventouse. Comme dans toutes les Harpellacées, axe et rameaux sont formés d'une seule file de cellules, ici très allongées et montrant chacune un seul noyau. L'axe principal se continue en ligne droite avec la cellule basilaire. Il en émane d'ordinaire d'abord 2 ou 3 petits rameaux stériles, puis des branches latérales qui donnent finalement les rameaux fructifères devenant à maturité de longs épis de spores. Ces branches fertiles divergent à angle aigu de

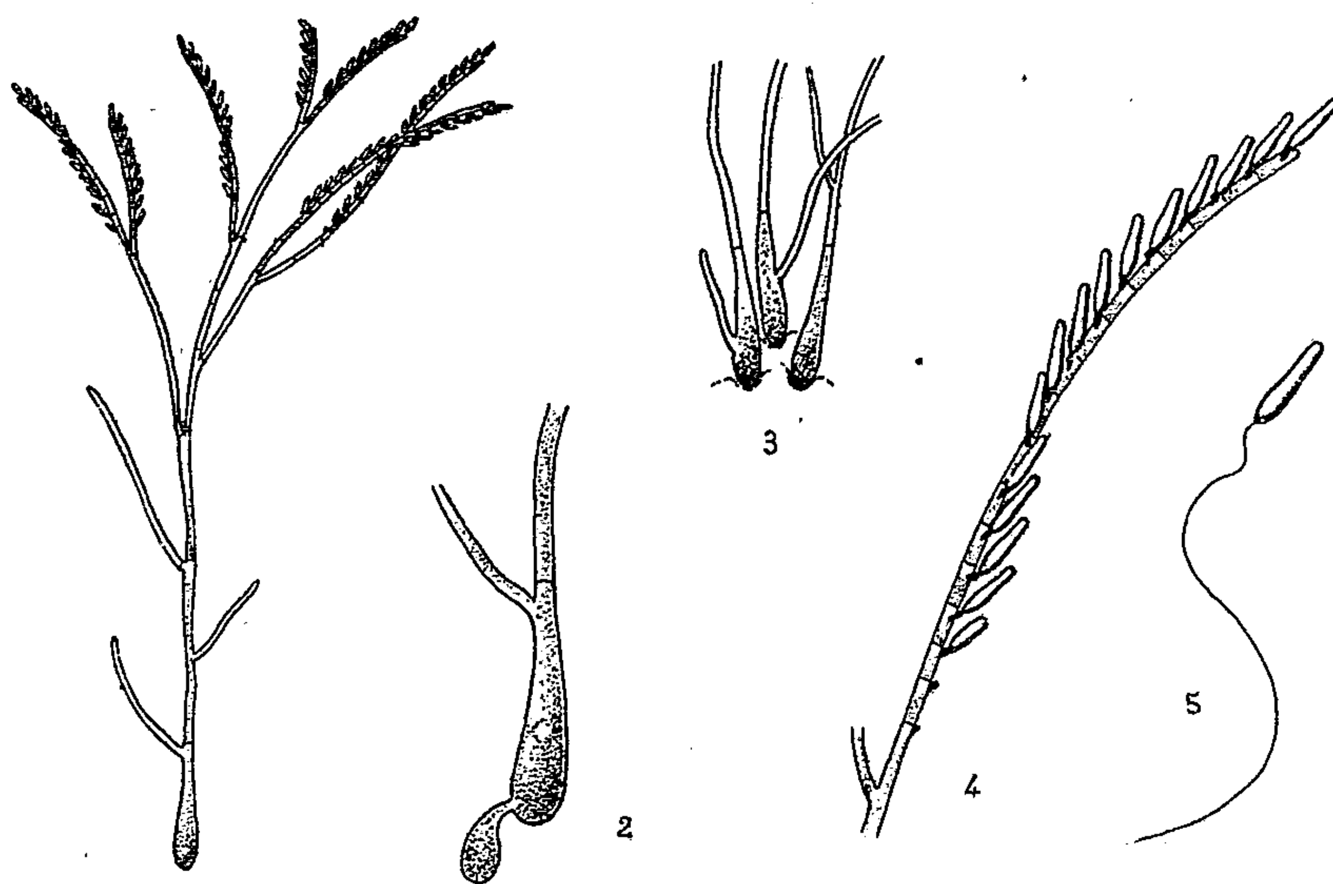
(1) Séance du 28 décembre 1936.

(2) *Comptes rendus*, **202**, 1936, p. 1096 et **194**, 1932, p. 2262.

l'axe principal et sont toujours dirigées vers le sommet, formant par leur ensemble une sorte de corymbe (*fig.* 1).

Un pied de *Graminella* ne porte guère plus de six à huit rameaux fructifères terminaux. Ces rameaux sont grêles et se divisent par cloisonnement transversal en de nombreuses cellules sporogènes dont chacune donnera naissance à une spore par bourgeonnement latéral selon le mode déjà décrit chez les Harpellacées.

Ces spores sont insérées obliquement, serrées les unes contre les autres et reliées à leur point d'attache par un petit globule brillant. Nous avons



Graminella bulbosa n. g. n. sp.

1. Un pied entier avec rameaux fructifères × 100. — 2. Partie basilaire fixatrice avec un bourgeon × 350. — 3. Implantation et disposition parallèle de 3 pieds voisins × 200. — 4. Épi terminal garni de spores mûres × 350. — 5. Spore venant de se détacher × 600.

compté jusqu'à 20 spores par épi sur une longueur de 100^{μ} à 120^{μ} (*fig.* 4).

La spore, complètement développée, est fort petite, comparativement à celles des autres Harpellacées; elle mesure seulement 12^{μ} à 15^{μ} sur 3^{μ}. De forme ovoïde très allongée, légèrement tronquée au sommet, son contenu est clair et réfringent et montre un noyau central. Elle se détache facilement de l'épi, entraînant avec elle à son pôle d'attache, un filament extrêmement grêle de 5 à 6 fois sa longueur et restant quelque temps ondulé vers sa base. La présence de ce long filament sporal si caractéristique de la plupart des Harpellacées, comme nous l'avons montré dans une

Note antérieure ([1]) permet d'affirmer ainsi la position systématique de *Graminella* (*fig.* 5).

Jusqu'à présent nous n'avons pas observé, dans ce genre, d'ailleurs assez rare, la formation de spores sexuelles (zygospores), mais seulement un début de conjugaison entre les cellules en regard de deux rameaux voisins. Par contre, *Graminella* présente un mode de multiplication sur place qui mérite d'être signalé. Chez beaucoup de pieds le bulbe primitif donne naissance à un bourgeon latéral arqué vers la base, renflé à son extrémité, pourvu d'un noyau émané de la cellule basilaire et chargé d'un cytoplasme granuleux fortement colorable (*fig.* 2). Ainsi se forme une sorte de bulbille qui bientôt s'individualise puis se fixe pour donner un nouveau pied. Souvent on observe un deuxième bulbille émané de l'axe lui-même, à une faible distance du premier. Cette multiplication par bulbilles explique sans doute l'accumulation, côte à côte, de nombreux parasites que nous signalions au début.

Diagnose. — *Graminella bulbosa* n. g. n. sp. :
Harpellacée de 500 à 600$^{\mu}$ à grand axe prédominant, à pied bulbeux et rameaux dressés terminés par un petit nombre de longs et grêles épis de spores unilatérales très serrées. Spores petites, ovoïdes allongées de 12 à 15$^{\mu}$ sur 3$^{\mu}$, munies d'un seul filament caudal d'environ 70$^{\mu}$. Multiplication sur place par bourgeons basilaires.

Se rencontre par groupe de nombreux individus parallèlement disposés et implantés côte à côte par la base de leur bulbe sur la cuticule rectale des larves de *Baetis*. Ruisseaux des environs de Grenoble.

NOMINATIONS.

M. E. Esclangon est désigné pour représenter l'Académie, avec les délégués précédemment nommés, à l'assemblée générale du *Conseil international des Unions scientifiques*, à Londres, du mardi 27 avril au 4 mai 1937.

CORRESPONDANCE.

M. Henri Besairie adresse des remerciements pour la distinction accordée à ses travaux.

([1]) L. Léger et M. Gauthier, *Comptes rendus*, 200, 1935, p. 1458.

M. **Augustin Damiens** adresse des remerciements pour la subvention qui lui a été attribuée pour une publication.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

Le Livre de Mer, manuscrit de la Bibliothèque communale d'Anvers (n° B. 29166) : 1° *Description et commentaires*, par J. Denucé et G. Gernez; 2° *Fac simile* (présenté par M. Durand-Viel).

M. **Armand Lambert** prie l'Académie de vouloir bien le compter au nombre des candidats à la place vacante dans la Section d'Astronomie par le décès de M. *M. Hamy*.

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Sur les singularités des fonctions analytiques définies par des séries potentielles.* Note [1] de M. **Carlos Biggeri**, transmise par M. Émile Borel.

Le théorème de Dienes assure que le point auquel la circonférence de convergence de la série

$$\sum_{n=0}^{\infty} a_n z^n, \tag{1}$$

coupe le demi-axe réel et positif, est singulier pour la fonction analytique définie par cette série, lorsque les deux hypothèses suivantes sont vérifiées : 1° partie réelle de $a_n \geqq 0$; 2° $|\arg a_n| \leqq \tau < \pi/2$ (τ étant fixe).

Je me propose, dans la Note présente, de généraliser ce théorème en permettant à l'affixe de a_n de se mouvoir le long d'un chemin tangent à l'axe imaginaire; obtenant ainsi le théorème suivant :

Théorème. — *Si les deux conditions suivantes sont vérifiées :*

1° *la partie réelle a'_n du coefficient a_n de la série* (1) *n'est pas négative;*
2° *la valeur principale de l'argument φ_n de a_n (pour $a_n \neq 0$) est telle que*

$$\lim_{n \to \infty} \sqrt[n]{\cos\varphi_n} = 1, \tag{2}$$

[1] Séance du 14 septembre 1936.

alors, le point auquel la circonférence de convergence de la série (1), *coupe le demi-axe réel et positif, est singulier pour la fonction*, $f(z)$, *définie par cette série.*

Démonstration. — Sans restreindre la généralité du théorème, supposons que le rayon R, de convergence de la série (1) soit égal à l'unité. En adaptant convenablement un critérium d'Ostrowski (et en précisant les signes dans ses inégalités), pour reconnaître la singularité d'un point périphérique, pour une fonction analytique définie par une série générale de Dirichlet, au cas d'une série potentielle, on obtient : c'est une condition nécessaire et suffisante pour que le point $z=1$ soit singulier pour $f(z)$ que

$$\lim_{n\to\infty} \sqrt[n]{|L_n|} = 1,$$

en posant

(3) $$L_n \equiv \left(\frac{\sigma e}{n}\right)^n \Sigma a_m m^n e^{-\frac{2}{3}m},$$

la sommation s'étend à tous les m tels que

$$\frac{n}{\sigma}(1-\omega) \leqq m \leqq \frac{n}{\sigma}(1+\omega),$$

avec $\sigma > 0$, et $0 < \omega < 1$.

On prouve facilement que, si la *limite ordinaire* de $\sqrt[n]{|f^{(n)}_{(0)}|/n\,!}$ existe pour $n\to\infty$, la limite ordinaire de $\sqrt[n]{|L_n|}$ existe aussi. En prenant en (3) $\omega = 1/3$, et $\sigma = 2/3$, on a

$$L_n \equiv \left(\frac{2e}{3n}\right)^n \sum_{m=n}^{m=2n} a_m m^n e^{-\frac{2}{3}m}.$$

Si nous mettons

(4) $$P_n \equiv \left(\frac{2e}{2n}\right)^n \sum_{m=n}^{m=2n} m^n e^{-\frac{2}{3}m},$$

on trouve

(5) $$\lim_{n\to\infty} \sqrt[n]{P_n} = 1.$$

En appelant a'_n la partie réelle de a_n et en mettant

(6) $$L'_n \equiv \left(\frac{2e}{3n}\right)^n \sum_{m=n}^{m=2n} a'_m m^n e^{-\frac{2}{3}m},$$

on obtient

(7) $$|L_n| \geqq L'_n.$$

Soit a'_ξ la plus petite (en sens large) des valeurs de a_m, pour $n \leqq m \leqq 2n$; de (4), (6) et (7) on déduit

(8) $$|L_n| \geqq P_n a'_\xi.$$

En appelant ρ_n le module de a_n, de (5) et (8) on a

(9) $$\overline{\lim_{n\to\infty}} \sqrt[n]{|L_n|} \geqq \overline{\lim_{n\to\infty}} (\sqrt[n]{\rho_\xi} \sqrt[n]{\cos\varphi_\xi}).$$

Comme $\sqrt[n]{\cos\varphi_\xi} = (\sqrt[\xi]{\cos\varphi_\xi})^{\xi/n}$ est compris entre $\sqrt[\xi]{\cos\varphi_\xi}$ et $(\sqrt[\xi]{\cos\varphi_\xi})^2$, en vertu de la seconde hypothèse, on a

(10) $$\lim_{n\to\infty} \sqrt[n]{\cos\varphi_\xi} = 1.$$

D'une façon analogue, $\sqrt[n]{\rho_\xi} = (\sqrt[\xi]{\rho_\xi})^{\xi/n}$ est compris entre $\sqrt[\xi]{\rho_\xi}$ et $(\sqrt[\xi]{\rho_\xi})^2$, et puisqu'il est $R = 1$, on a

(11) $$\overline{\lim_{n\to\infty}} \sqrt[n]{\rho_\xi} = 1.$$

De (9), (10) et (11), on tire la conclusion du théorème.

Je démontre pour les fonctions analytiques définies par des séries générales de Dirichlet le théorème suivant, analogue à l'antérieur :

Théorème. — *Si les trois conditions suivantes sont vérifiées :*

1° *la partie réelle du coefficient a_n de la série de Dirichlet*

(12) $$\sum_{n=0}^{\infty} a_n e^{-\lambda_n z} \qquad [R(a_n) \equiv a'_n]$$

n'est pas négative;

2° *la valeur principale de l'argument, φ_n, de a_n (pour $a'_n > 0$) est telle que*

$$\lim_{n\to\infty} \sqrt[n]{\cos\varphi_n} = 1;$$

3° *les abscisses de convergence conditionnelle et absolue de la série* (12) *sont égales; alors, le point auquel la droite de convergence de la série* (12) *coupe l'axe réel est singulier pour la fonction analytique qui définit cette série.*

La démonstration de ce théorème, beaucoup plus laborieuse que pour le précédent, sera publiée opportunément. Ce théorème généralise celui de Fekete (qui exige $|\varphi_n| \leqq \tau < \pi/2$, τ étant fixe).

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Sur les variations du module des fonctions entières ou méromorphes.* Note de M. **Georges Valiron**, présentée par M. Émile Borel.

Dans plusieurs Mémoires, M. J. M. Whittaker a étudié ce qu'il appelle les *flat regions* des fonctions entières ou méromorphes d'ordre fini (1). Ce sont les domaines dans lesquels le module de la fonction varie relativement peu, en restant voisin de son maximum. Comme les régions de variation rapide du module fournissent des cercles de remplissage, on peut utiliser dans cette recherche le nombre des zéros.

Supposons que $f(z)$ soit une fonction entière d'ordre fini positif ρ; désignons par $M(r, f)$ le maximum de $|f(z)|$ pour $|z|=r$, par $\rho(r)$ un ordre précisé L; on a

$$\overline{\lim_{r=\infty}} \frac{\log M(r, f)}{V(r)} = 1, \qquad V(r) = r^{\rho(r)}.$$

On peut trouver des couronnes $r_m \leq r \leq 2r_m$, $\lim_{m=\infty} r_m = \infty$, dans lesquelles le nombre des zéros de $f(z) - a$ est inférieur à $HV(2r_m)$, $H < \infty$, tandis que la moyenne $m(r, f)$ de Nevanlinna reste supérieure à $2hV(2r_m)$, $h > 0$. Il s'ensuit que, sur tout cercle $|z| = r$ de la couronne, les points z' en lesquels $\log|f(z')| > hV(2r_m)$ forment des arcs $\Gamma(r)$ dont la somme des longueurs est au moins $2\pi hr/(1-h)$. Si z' est un tel point et si $f(z)$ ne prend pas les valeurs zéro et un dans le cercle $|z - z'| < \delta$, le théorème de Schottky montre que

$$\left| \frac{\log|f(z)|}{\log|f(z')|} - 1 \right| < \varepsilon + \frac{A}{V(2r_m)}$$

pour $|z - z'| < \varepsilon k\delta$, $k > 0$. Prenons sur les arcs $\Gamma(r)$ des points z' distants les uns des autres de 2δ au moins, et opérons ainsi pour des r appartenant à l'intervalle r_m, $2r_m$, et distants de 2δ au moins. Le nombre des points z' sera supérieur à $\pi hr_m^2/4\delta^2(1-h)$, l'un des cercles correspondants ne contiendra ni zéro ni un de $f(z)$ si

$$\frac{\pi hr_m^2}{4\delta^2(1-h)} > 2HV(r_m).$$

(1) *Proc. Edinburgh Math. Soc.*, 2, 1930, p. 111; *Quart. J. of Math.*, 2, 1931, p. 252; *J. London Math. Soc.*, 8, 1933, p. 20; *Proc. London Math. Soc.*, 37, 1933, p. 384.

Par suite :

Il existe deux nombres positifs $h(\rho)$ *et* $\eta(\rho)$ *et une suite de points* z_m, $m = 1, 2, \ldots$, *pour lesquels*

$$\log|f(z_m)| > h(\rho)\,V(r'_m), \qquad \lim_{m=\infty}(|z_m| = r'_m) = \infty,$$

tels que, pour tout $\varepsilon_m < 1$, *on ait*

$$(1) \qquad 1 - \varepsilon_m - \frac{A}{V(r'_m)} < \frac{\log|f(z)|}{\log|f(z_m)|} < 1 + \varepsilon_m + \frac{A}{V(r'_m)}$$

si

$$(2) \qquad |z - z_m| < \varepsilon_m\,\eta(\rho)\,\frac{r'_m}{\sqrt{V(r'_m)}}.$$

Le résultat est précis aux valeurs de $h(\rho)$ et $\eta(\rho)$ près, puisqu'il est loisible de construire des fonctions dont la distribution des zéros est homogène dans chaque couronne. Il est clair aussi que l'on peut dans l'énoncé remplacer $V(r)$ par $\log M(r)$, ce qui introduit d'ailleurs une certaine imprécision dans le cas des croissances irrégulières.

Supposons maintenant que $f(z)$ soit méromorphe, soient $T(r, f)$ sa fonction caractéristique et $\rho(r)$ un ordre précisé L, on a encore

$$\overline{\lim_{r=\infty}}\,\frac{T(r, f)}{V(r)} = 1, \qquad V(r) = r^{\rho(r)}.$$

$M(r, f)$ désignant toujours le maximum de $|f(z)|$; on a, d'après un résultat de M. R. Nevanlinna,

$$\frac{1}{r}\int_0^r \log M(t, f)\,dt < H(\rho)\,V(r);$$

les intervalles compris entre R et 2R en lesquels

$$(3) \qquad \log M(r, f) < 8\,H(\rho)\,V(2R)$$

ont donc une longueur totale au moins égale à $R/2$. Supposons que les pôles aient un défaut positif, ce qui revient à dire que

$$\underline{\lim_{r=\infty}}\,\frac{m(r, f)}{T(r, f)} > 0.$$

On peut procéder comme ci-dessus, en partant d'une valeur r_m pour laquelle $T(r_m, f) > V(r_m)/2$; mais on exclut de la couronne r_m, $2r_m$ les couronnes où (3) n'a pas lieu avec $R = r_m$ et l'on choisit δ pour que le

nombre des cercles $|z - z'| < \delta$ soit supérieur à $3HV(2r_m)$; l'un de ces cercles ne contiendra ni pôle, ni zéro, ni un, de $f(z)$, et le théorème de Schettky s'appliquera. L'énoncé donné reste donc valable pour une fonction méromorphe dont les pôles ont un défaut positif, la seule différence étant que $h(\rho)$ et $\eta(\rho)$ seront fonctions de ρ et du défaut, et que l'on devra ajouter que $\log|f(z_m)|$ est inférieur à $V(r'_m)/h'$ (1).

En diminuant le second membre de (2), on augmente le nombre des cercles où (1) est vérifié; en multipliant le second membre de (2) par un nombre tendant vers zéro avec $1/m$, (1) sera vérifiée avec ε_m fixe, dans des cercles dont la densité superficielle circulaire aura une limite supérieure positive.

Le cas de l'ordre infini se traite de même en introduisant l'ordre de K. L. Hiong et donne la précision que comporte cet ordre.

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *Sur l'emploi des nombres hypercomplexes pour établir les équations d'une mécanique ondulatoire relativiste.* Note (2) de M. **Jean Roubaud-Valette**, présentée par M. Louis de Broglie.

Prenons un espace à cinq dimensions : x_1, x_2, x_3 coordonnées de position, $x_4 \equiv ict$, où t est le temps; enfin ξ coordonnée conjuguée de m_0c, où m_0 est la masse propre de l'électron.

Prenons un système de nombres hypercomplexes de base : Γ_1, Γ_2, Γ_3, Γ_4, Γ_5 tels que

$$\Gamma_i\Gamma_j + \Gamma_j\Gamma_i = -2\,\delta_{ij}.$$

Prenons l'opérateur $N = \Sigma\Gamma_i\Pi_i$, où $\Pi_i = -h/2\pi_i\,\partial/\partial x_i + e\,A_i/c$ définissons l'opérateur conjugué de N : soit $^*N = \Sigma\Pi_i\Gamma_i$.

N opère à droite, *N opère à gauche.

Supposons tout d'abord le champ électromagnétique nul : alors

$$^*NN = -\sum_1^5 \Pi_i^2 = \frac{h^2}{4\pi^2}\left(\frac{\partial^2}{\partial x_1^2} + \frac{\partial^2}{\partial x_2^2} + \frac{\partial^2}{\partial x_3^2} + \frac{\partial^2}{\partial x_4^2} + \frac{\partial^2}{\partial \xi^2}\right).$$

En passant aux quantités conjuguées des coordonnées, *NN exprime :

$$i\frac{W^2}{c^2} = m_0^2c^2 + P_x^2 + P_y^2 + P_z^2;$$

(1) Comparer au résultat de M. Macintyre, *Proc. London Math. Soc.*, 39, 1935, p. 282.

(2) Séance du 28 décembre 1936.

c'est la forme classique de l'expression hamiltonienne de l'énergie : d'où N est l'opérateur hamiltonien.

En écrivant $N\psi = 0$, on obtient, en séparant les composantes, 32 équations du type Neumann.

En itérant : $NN\psi = 0$ devient

$$+\frac{h^2}{4\pi^2}\left(\Box + \frac{\partial^2}{\partial\zeta^2}\right)\Psi = 0,$$

où $\Box$ est le d'Alambertien.

Écrivons que $\partial^2\psi/\partial\zeta^2 = -4\pi^2/h^2\, m_0^2 c^2\psi$, puisque ζ est la variable conjuguée de $m_0 c$, nous retrouvons l'équation de Gordon

$$\Box\psi = \frac{4\pi^2}{h^2}\, m_0^2\, c^2\psi,$$

d'où chaque ψ_i a pour expression

$$A_i e^{-\frac{2\pi_i}{R}\left[\frac{iw}{c}x_4 + x_1 P x_1 + x_2 P x_2 + x_3 P x_3 + \xi m_0 c\right]}.$$

Appelons Φ la forme « conjuguée » de ψ; sur Φ opère $^*N$.

On a $N\psi = 0$ et Φ^*N, en multipliant $N\psi = 0$, à gauche, par $\Phi\Gamma$ et $\Phi^*N = 0$, à droite, par $\Gamma\psi$ on obtient

(1) $$-\frac{h}{2\pi_i}\sum_{1}^{5}\frac{\partial(\Phi\Gamma\Gamma_K\psi)}{\partial x_K} = 0, \qquad \text{où} \quad \Phi \rightarrow \nabla \leftarrow \Psi = 0.$$

Prenons comme densité de probabilité $\rho U_i = \Phi\Gamma\Gamma_i\Psi$; l'équation (1) montre que $\int \Phi\, d\tau\, \Psi$ est nulle pour l'ensemble de l'hypersurface, ce qui donne une équation de conservation.

En développant (1) on a d'ailleurs

$$\frac{\partial(\rho v_x)}{\partial x} + \frac{\partial(\rho v_y)}{\partial y} + \frac{\partial(\rho v_z)}{\partial z} + \frac{\partial\rho}{\partial t} = -\frac{\partial(\rho\dot{\xi})}{\partial\xi} \qquad \text{avec} \quad \dot{\xi} = \frac{d\xi}{dt}.$$

Dans le cas où existe un champ électromagnétique, on a

$$N^*N = -\Sigma\Pi_i^2 + \sum_{ij}\Gamma_i\Gamma_j\,\frac{e}{c}(\Pi_i A_j - \Pi_j A_i).$$

Aux termes Π_i^2 correspondant aux forces d'inertie et de Lorentz, s'ajoutent les termes $e/c(\Pi_i A_j - \Pi_j A_i)$ que nous écrirons $-h/2\pi i\mathcal{F}_{ij}$.

En explicitant : $\mathcal{F}_{12} = Hz$, etc. ($\vec{H}$ champ magnétique), $\mathcal{F}_{14} = -ihx$,

etc. ($\vec{h}$ champ électrique) avec de plus, des termes $\mathcal{F}_i^5 = \partial A_5/\partial x_i - \partial A_i/\partial\xi$, qui disparaissent si les A_i sont indépendants de ξ et si $A_5 \equiv 0$.

On a donc

$$^*NN = -\sum_{K=1}^{5} \Pi_K^2 - \frac{h}{2\pi i}\frac{e}{c}[(\Gamma_1\Gamma_2 H_z + \ldots) - i(\Gamma_1\Gamma_4 h_x + \ldots) + (\Gamma_1\Gamma_4\mathcal{F}_{15} + \ldots)],$$

ce qui généralise la forme de Dirac-Neumann.

Cherchons des intégrales premières, grandeurs I telles que $NI - IN = 0$. Essayons

$$M_{JK} = x_J \Pi_K - x_K \Pi_J.$$

On a donc une intégrale première en ajoutant à M_{JK} la grandeur

$$S_{JK} = -\frac{1}{2}\frac{h}{2\pi i}\Gamma_J\Gamma_K.$$

S est l'opérateur Spin dans l'hyperespace.

N étant l'hamiltonien généralisé, prenons le vecteur « coordonnées »

$$\vec{X} = \Sigma\Gamma_i x_i.$$

Prenons $N\vec{X}$, N opère à droite; et $\vec{X}^*N$, N opère à gauche

$$N\vec{X} = 5\frac{h}{2\pi i} + \sum_{iJ}\Gamma_i\Gamma_J(\Pi_i x_J) \qquad (i \neq J),$$

$$\vec{X}^*N = 5\frac{h}{2\pi i} + \sum_{iJ}\Gamma_J\Gamma_i(\Pi_i x_J),$$

d'où

$$N\vec{X} + \vec{X}^*N = 10\frac{h}{2\pi i}, \tag{2}$$

(2) exprime que

$$\Delta\vec{P}\,\Delta\vec{X} = 5\frac{h}{2\pi},$$

relation moins restrictive que celle d'Heisemberg.

ÉLECTRICITÉ. — *Conductibilité électrique de l'air dans une mine de potasse de Catalogne.* Note (¹) de M. C. **Dauzère**, présentée par M. Charles Camichel.

La radioactivité du potassium est incomparablement plus faible que celle du radium et de ses congénères; néanmoins, comme le potassium est très abondamment répandu dans la nature, comme il entre, en particulier, dans la composition des granites, qui en contiennent de 2 à 6 pour 100, on peut se demander si la forte ionisation de l'air au-dessus des roches granitiques, et l'attraction de la foudre qui en résulte, n'ont pas pour cause la présence du potassium en grande masse.

Nous avons cherché à résoudre la question en mesurant la conductibilité électrique de l'air dans une mine de potasse, comme l'avaient fait autrefois Elster et Geitel (²). Nous avons opéré dans une mine située à Sallent (Bassin de Cardona, Catalogne). Le 15 novembre 1935, nous avons fait, avec l'aide des ingénieurs de la mine, des mesures de la conductibilité de l'air dans les galeries de l'exploitation. Ces galeries sont creusées dans le sel gemme à 300^m sous terre; elles coupent de distance en distance les couches inférieures du dépôt salin, riches en *sylvinite* (KCl, NaCl) et en *carnallite* ($MgCl^2$, 2KCl, $6H^2O$). La sylvinite seule est exploitée à Sallent; le minerai extrait de la mine renferme 33 pour 100 de KCl, correspondant à une teneur en K métallique de 17 pour 100.

Nous nous sommes servi de l'appareil très portatif d'Elster et Geitel modifié par nous (³). Nos mesures ont été faites dans les galeries de mines à la traversée des couches potassiques; nous avons opéré ensuite à l'air libre sur le sol naturel, au pied de la montagne (calcaires et marnes éocènes, recouverts de terre végétale) et sur des crassiers contenant encore de 1 à 3 pour 100 de potassium (richesse de même ordre de grandeur que celle des granites). Les résultats de ces mesures sont donnés dans le tableau suivant, dans lequel λ et λ' représentent respectivement les conductibilités pour les ions positifs et négatifs, exprimées en unités électrostatiques C. G. S. :

(¹) Séance du 14 décembre 1936.

(²) *Phys. Zeits.*, 6, 1906, p. 733 et **11**, 1910, p. 275.

(³) *Bulletin de la Société d'Encouragement pour l'Industrie nationale*, **132**, octobre 1933, p. 509.

Lieux où ont été faites les mesures.	$\lambda \times 10^4$.	$\lambda' \times 10^4$.	$(\lambda + \lambda').10^4$.	λ/λ'.
Dans une galerie d'extraction de sylvinite.	0,20	0,18	0,38	1,11
Dans une galerie abandonnée (sylvinite)..	0,27	0,31	0,58	0,87
Dans une galerie de passage (carnallite)...	0,38	0,32	0,70	1,19
A l'air libre, sur le sol naturel...........	1,68	1,86	3,54	0,90
Sur un crassier à 1 pour 100 de K........	1,31	1,28	2,59	1,02
Sur un crassier à 3 pour 100 de K........	1,57	1,30	2,87	1,21

La faible valeur de la conductibilité électrique de l'air dans la mine est remarquable; il faut l'attribuer, croyons-nous, aux travaux d'exploitation qui donnent des poussières, et surtout à la ventilation, qui mélange l'air ionisé des couches potassiques fort peu étendues avec l'air très peu ionisé du reste de la mine.

L'influence du potassium sur l'ionisation de l'air ne se manifeste nullement dans les expériences précédentes. Cependant on peut se demander si des concentrations plus grandes ne permettraient pas de la mettre en évidence. C'est ce que nous avons recherché, le 2 mai 1936, dans une nouvelle visite à Sallent. Nous n'avons pu descendre cette fois dans la mine où le travail était arrêté; mais avec l'assistance de M. Casas, ingénieur-chimiste, nous avons mesuré la conductibilité électrique de l'air dans de vastes magasins, qui contenaient plusieurs milliers de tonnes de sel broyé, partagé en deux tas, dont les teneurs en KCl étaient respectivement de 32 et 80 pour 100, qui correspondent à 17 et 42 pour 100 de K métallique.

Nous avons opéré près de chacun de ces tas, puis au-dessus des cuves pleines de solution saturée, où le sel est enrichi par dissolution fractionnée, et enfin, nous avons fait une mesure à l'extérieur des bâtiments à l'air libre. Ces mesures ont donné les résultats suivants :

Lieux où ont été faites les mesures.	$\lambda.10^4$.	$\lambda'.10^4$.	$(\lambda + \lambda').10^4$.	$\frac{\lambda}{\lambda'}$.
Près du tas à 32 pour 100 KCl..................	2,45	2,62	5,07	0,93
Près du tas à 80 pour 100 KCl..................	5,50	5,69	11,19	0,97
Au-dessus d'une cuve à concentration............	1,18	1,66	2,84	0,71
A l'air libre..................................	1,23	1,07	2,30	1,15

L'influence du potassium dans ces résultats est évidente, mais de pareilles teneurs n'existent pas dans les roches communes. En définitive, il ne semble pas que le potassium agisse d'une manière efficace pour augmenter l'ionisation de l'air au-dessus des roches granitiques.

PHYSIQUE. — *Une méthode expérimentale pour trouver les erreurs de détermination de la grandeur d'un objet par le microscope.* Note ([1]) de M. **Félix Ehrenhaft.**

Jusqu'à présent il était impossible de déterminer par l'expérience les erreurs dues à la diffraction dans la mesure de petits objets avec le microscope.

Il est nécessaire de résoudre le problème pour la détermination expérimentale de la mobilité de petites sphères dans un gaz ([2]). Des mesures avec des objectifs de très grande ouverture numérique (1,6), ou plutôt avec de la lumière ultraviolette (ouv. num. rectif. 2,5) sont, comme on sait, le procédé le plus efficacement utilisé. Toutefois, il reste des doutes quant à l'exactitude de la mesure si les dimensions de l'objet ne sont pas grandes en comparaison de la longueur d'onde lumineuse. A l'aide de la méthode suivante, il est possible de déterminer la valeur de l'erreur due à la diffraction et de cette manière la grandeur exacte d'objets très petits.

Les rayons de deux particules parfaitement sphériques, de la même substance et de la même grandeur, sont mesurés isolément; les particules peuvent être microphotographiées avec de la lumière ultraviolette et les photographies mesurées. Puis les sphères sont rapprochées, par une manipulation que j'ai étudiée en commun avec M. Bibl, de telle sorte qu'elles se touchent. Si les images, observées directement à l'aide de l'œil ou enregistrées sur la plaque photographique, sont agrandies par la diffraction, les images des sphères rapprochées empiéteront l'une sur l'autre au voisinage du point de contact.

On utilise l'image des sphères rapprochées de la manière suivante : on mesure les diamètres perpendiculaires à la ligne des centres, pour constater que ces diamètres n'ont pas été changés par la manipulation. Puis on mesure la somme des diamètres dans la direction de la ligne des centres. Si les images empiètent l'une sur l'autre, cette somme sera plus petite que la somme des diamètres mesurés perpendiculairement à la ligne des centres. Cette différence permet de déterminer d'une manière simple l'erreur de mesure microscopique des images d'une particule seule, pour

([1]) Séance du 14 décembre 1936.

([2]) F. Ehrenhaft, *Comptes rendus*, 203, 1936, p. 850.

chaque optique et chaque observateur. Je poursuis actuellement avec mes collaborateurs W. Bibl, A. Lustig, E. Reeger et P. Selner des recherches en vue de déterminer la grandeur exacte de particules de rayons différents et l'erreur de mesure avec le microscope. La microphotométrie des photographies de particules seules et rapprochées aide également ces recherches.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Spectres d'absorption dans le proche infrarouge de solutions d'alcools dans l'éther ou le dioxane; formation d'oxoniums.* Note (1) de M. **René Freymann** présentée par M. Aimé Cotton.

De nombreuses études chimiques ont conduit à admettre la formation de composés dits *oxoniums* dans certains mélanges ou certaines réactions; l'effet Raman a déjà fourni d'utiles indications à ce sujet (2). Nous allons montrer que les spectres d'absorption dans le proche infrarouge permettent également l'étude de la formation des oxoniums.

Nous avons signalé précédemment (3) que, lorsqu'on dilue des alcools ou phénols dans le tétrachlorure de carbone ou le benzène, l'intensité de la bande (OH) de $0^{\mu},96$ augmente; ce phénomène est lié *à la destruction des associations moléculaires*. Par contre, comme le montre la figure 1, *pour une même concentration, la bande* (OH) *a complètement disparu pour les solutions dans l'éther* [*ou le dioxane* (4)] *alors qu'elle est très intense pour les solutions dans le tétrachlorure de carbone.*

La disparition de la bande (OH) est totale dans les cas suivants : alcool butylique (20 pour 100 en volume), alcool benzylique (20 pour 100), phénol (solution normale), résorcine (solution normale). Pour l'orthochlorophénol (20 pour 100), la pyrocatéchine (solution normale) le pyrogallol (solution normale) qui présentent deux bandes (OH), la composante de $0^{\mu},96$ disparaît, celle de $0^{\mu},99$ est extrêmement affaiblie. Les solutions d'eau dans le dioxane montrent une diminution importante de l'intensité de la bande (OH) mais non une disparition totale (un groupement OH de H — O — H doit rester libre).

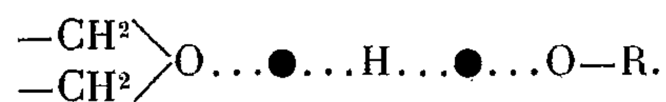
(1) Séance du 28 décembre 1936.

(2) G. Briegleb et W. Lauppe, *Z. für Phys. Chim.*, 28 B, 1935, p. 154.

(3) *Ann. Phys.*, 20, 1933, p. 243.

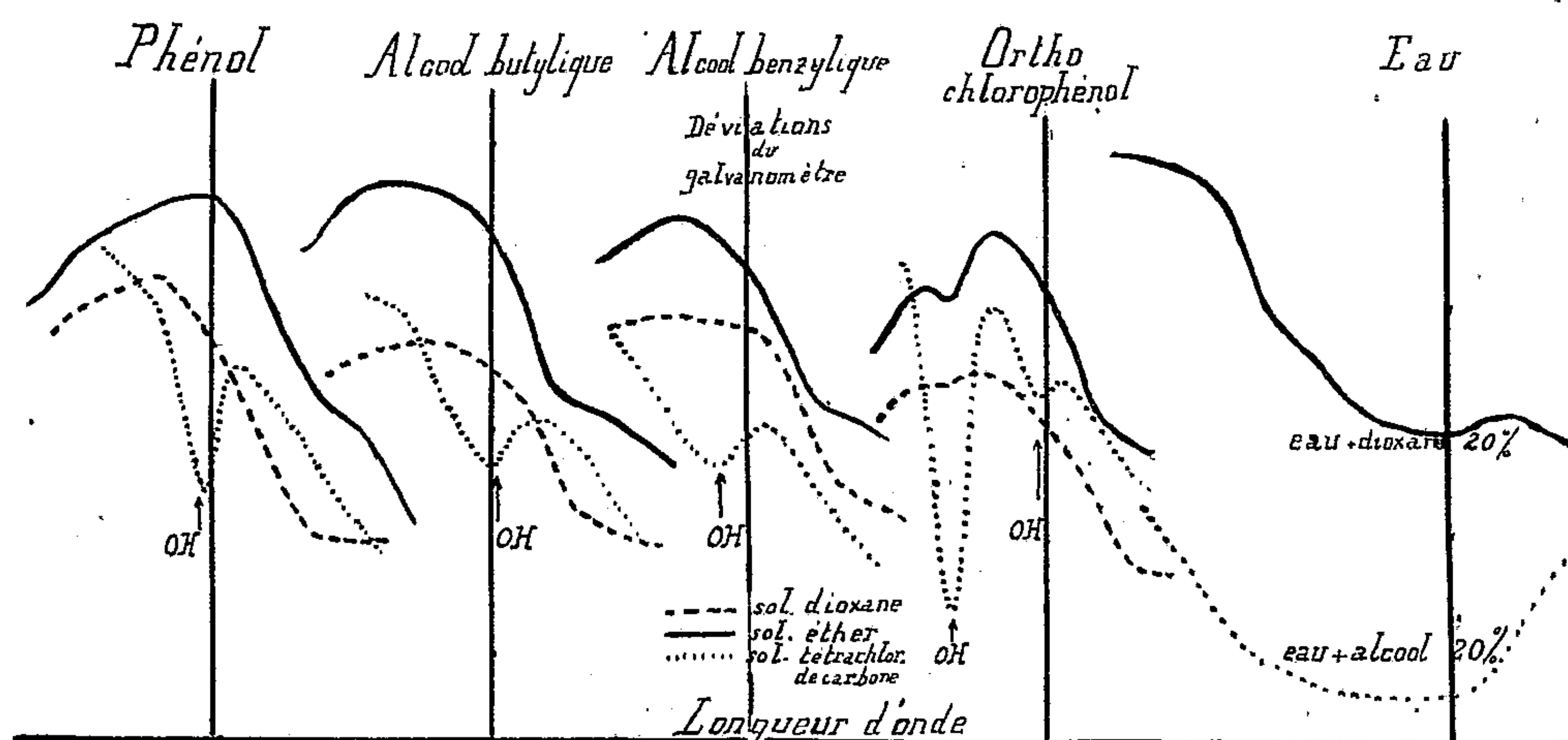
(4) Nous avons noté pour le dioxane par une bande à 9425 Å que Naherniac avait déjà observée pour l'éther; cette bande semble liée à la présence de la liaison $CH^2 — O — CH^2$.

Ces résultats ne peuvent être interprétés que *par la formation d'un composé oxonium entre l'éther ou le dioxane et l'alcool.*



Une étude quantitative permettra vraisemblablement de déterminer si une ou deux molécules d'alcool sont fixées sur l'éther.

Cette formation d'oxonium et la disparition concomitante de la bande (OH) doivent être rapprochées du phénomène de chélation décelé par l'infrarouge pour l'aldéhyde



salicylique par exemple ([1]), ([2]). Ce phénomène se produirait ici entre des molécules différentes et non plus entre les groupements =O et OH de la même molécule. Ce rapprochement nous conduit à interpréter la formation de composés oxoniums par la même hypothèse *des liaisons monoélectroniques* qui a été utilisée à propos du phénomène de chélation ([2]). Notons également, dans un ordre d'idées voisin, que cette même hypothèse pourrait également s'appliquer à l'existence des phénomènes d'associations moléculaires. Comme la théorie de Sidgwick à laquelle elle s'oppose, l'hypothèse de la liaison monoélectrique (liaison intermédiaire entre la covalence et l'électrovalence), pourrait donc rendre compte d'un ensemble de faits en apparence très différents.

Signalons également, sous toutes réserves, que certains cas de dissolution dans l'eau se produisent peut-être suivant un mécanisme analogue à celui invoqué pour l'éther ou le dioxane.

([1]) G. E. Hilbert, O. R. Wulf, S. B. Hendricks, U. Liddel, *J. Ame. Chem. Soc.*, 58, 1936, p. 548.

([2]) M. et R. Freymann, *Comptes rendus*, 202, 1936, p. 1850; *Journ. Phys.*, 7, 1936, p. 506.

Outre les conclusions théoriques précédentes, ces expériences montrent que le dioxane, fréquemment employé comme *solvant* dans des mesures d'absorption, de constante diélectrique, etc. ne doit être utilisé que sous toutes réserves : le pouvoir dissolvant du tétrachlorure de carbone (ou du benzène) et celui du dioxane semblent d'origine différente.

Nota. — *L'acétone se comporte comme l'éther ou le dioxane :* les solutions d'alcool butylique (20 pour 100), d'alcool benzylique (20 pour 100) ou de phénol ne montrent pas la bande (OH).

CHIMIE PHYSIQUE. — *Essai d'une systématique de la synérèse.* Note (1) de M. **Wilfried Heller**, présentée par M. Aimé Cotton.

Nous voudrions définir la synérèse comme le phénomène d'une séparation spontanée d'un système colloïdal initialement homogène en deux phases, dont l'une est un gel cohérent et unique et l'autre une liqueur. La définition classique prévoit plutôt que le système initial soit exclusivement un gel.

Nos expériences, que nous décrirons ailleurs, nous ont conduit à distinguer trois sortes de synérèse :

1° *Synérèse par dégonflement.* — Le gel dont on part est constitué par des particules hydrophiles dont la déshydratation, isotherme ou non, produit la formation de la phase liquide. Il y a isothermie si la déshydratation provient des altérations postérieures de l'équilibre d'hydratation établi pour la température donnée (par grossissement, cristallisation, etc., des particules). Il y a seulement isothermie apparente si la synérèse évolue bien à une température constante, mais si le système se trouvait préalablement à une autre température. Elle est alors dominée par l'établissement, toujours très lent, du nouvel équilibre thermique d'hydratation. Il peut se présenter le cas plutôt exceptionnel où le gel dont on part est thixotrope. La synérèse peut être déterminée alors en même temps par une déshydratation et par une des autres causes qui la provoquent.

2° *Synérèse par agrégation.* — Ici le système dont on part est un sol disposé à la formation de géloïdes (2). (La définition classique n'engloberait donc pas ce cas.) Il se peut que le nombre ou la masse des géloïdes évoluant

(1) Séance du 28 décembre 1936.

(2) Voir *Comptes rendus*, **202**, 1936, p. 61.

dans un sol restent trop restreints pour que, par leur fusion, il puisse s'y former un réseau gélique. Si, dans un tel cas le poids spécifique des géloïdes ne diffère guère de celui du milieu ou si ce dernier est très visqueux, on obtiendra une émulsion de gels minuscules isolés (coacervation), c'est-à-dire une synérèse incomplète. Si au contraire les géloïdes peuvent obéir à la gravitation, ils pourront en se concentrant dans les parties inférieures des sols finir par y former un réseau local. Ainsi on obtiendra au-dessous d'un sol résiduel un gel sous forme de dépôt et qui, en raison de la densité restreinte du réseau, est liquéfiable. Ce qui se passe sous l'influence de la gravitation, peut se faire plus vite sous l'action de la force centrifuge (*loc. cit.*). Ici, même les sols disposés à se transformer entièrement en gels deviennent synérétiques, puisque les géloïdes évoluants se trouvent entraînés avant de pouvoir s'agréger dans les parties supérieures des sols. Cette synérèse artificielle peut évidemment conduire aux gels permanents. La synérèse par agrégation est un processus isotherme. Mais il peut, pour être réalisable, exiger des températures favorables, comme d'ailleurs la variation sol-gel isotherme en général.

3° *Synérèse par contraction.* — Ici le système dont on part et le corps synérétique final sont des gels uniformes et liquéfiables à réseau de géloïdes. Ce réseau une fois établi continue à évoluer en se solidifiant et devenant plus dense. [Cela résulte par exemple de la différence existant entre le temps de solidification réversible ϑ et le temps critique τ de la solidification irréversible de certains sols ([1]).] Cette solidification ultérieure du réseau semble être accompagnée d'une tendance croissante à sa contraction. Cela est indiqué au moins par l'apparition possible d'une anisotropie spontanée dans des sols solidifiés et transparents et où l'axe optique coïncide avec l'axe des récipients cylindriques ([2]). Si la tendance à une contraction arrive à l'emporter sur ces tensions apparentes (établies entre le centre du gel et la surface gel/verre), le gel se contractera en faisant sortir *mécaniquement* du sol résiduel enfermé dans les lacunes du réseau et en produisant ainsi le phénomène de synérèse. Si la densité du réseau était dès le début uniforme, la contraction sera symétrique. Cela peut alors expliquer le fait connu que les gels synérétiques peuvent parfois reproduire en petit la forme du gel initial ([3]). Si, au contraire, il y avait, avant

([1]) *Comptes rendus*, 202, 1936, p. 1507.
([2]) W. Heller, *Koll. Zeitschr.*, 50, 1930, p. 125.
([3]) Voir S. Liepatoff, *Koll. Zeitschr.*, 47, 1928, p. 21.

la solidification du gel initial une certaine sédimentation des géloïdes, la contraction se fera assymétriquement et vers la partie inférieure et plus solide du gel, ce qui conduit de préférence aux gels synérétiques remplissant uniformément le fond du récipient.

Il se peut que le réseau établi à travers un sol entier soit trop souple pour pouvoir lui donner l'aspect d'un gel. Il peut en être ainsi même pour le réseau contracté. Cela peut donner l'impression que le corps synérétique soit parfois plutôt un sol (Jacoby) (1). Mais le fait qu'à la suite d'une action mécanique très légère le « sol » peut se briser en morceaux (Jacoby) montre qu'il ne peut pas s'agir d'un sol proprement dit, c'est-à-dire d'un système à particules indépendantes. Cela semble être évident surtout dans le cas où le corps synérétique reproduit la forme du système initial. Ce qui semble seul être utile ici sera de parler plutôt d'une synérèse imparfaite puisque le réseau n'arrive pas à donner au corps synérétique la consistance d'un gel typique. Quant aux pellicules formées parfois autour de ces gels synérétiques imparfaits (Jacoby), on pourra les expliquer par une réaction ou une coagulation interfaciale postérieure à la séparation des phases.

Réversibilité des synérèses. — La synérèse isotherme des gels liquéfiables est réversible si lors de sa première apparition les particules colloïdales n'évoluent plus dans la direction d'une coagulation ou d'une cristallisation macroscopique. Les conditions d'une réversibilité isotherme sont donc les mêmes pour la synérèse et la thixotropie; en fait ces phénomènes ne se distinguent que par la concentration du colloïde du système initial et laquelle détermine *ceteris paribus* la concentration des géloïdes. D'autre part la synérèse irréversible est le pendant de la thixolabilité [variation isotherme gel → (sol, suspension) irréversible] des systèmes plus concentrés. L'imperfection de plus en plus croissante du réseau des gels thixolabiles conduit cependant encore à ce que la synérèse irréversible est en même temps un stade intermédiaire entre la thixolabilité d'une part et la coagulation ou la cristallisation macroscopique d'autre part.

(1) *Koll. Zeitschr.*, 48, 1929, p. 171.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Relations entre les indices de choc, le craquage, l'oxydation des carbures d'hydrogène et ses effets thermiques.* Note ([1]) de Mlle **Suzanne Estradère**, présentée par M. Aimé Cotton.

Pour établir quelques relations entre ces divers phénomènes nous avons successivement oxydé et craqué, dans des conditions de temps de contact et de chauffage identiques, des carbures à indices de choc différents.

Les expériences ont été poursuivies dans un dispositif à circulation continue, sous pression normale et à température variable.

Nous donnons ici les diagrammes d'oxydation et de craquage de l'heptane, de l'isooctane ([2]) et du cyclohexane. Ces diagrammes sont établis en fonction du temps, porté en abscisses. Nous avons porté en ordonnées : les températures (courbes A et A'); la composition pour 100 des gaz en oxyde de carbone; les volumes des gaz issus du craquage (courbe B); les quantités d'eau de brome fixées par centimètre cube de produits condensés (courbe C).

Le courant de chauffage étant constant, la courbe A est la courbe des températures prises à l'intérieur du tube à réaction, l'oxygène circulant seul dans le cas de l'oxydation, et le carbure circulant seul lors du craquage. A' est la courbe des températures prises lorsque le mélange carburé, en voie d'oxydation, circule dans l'appareil.

La surface hachurée comprise entre A et A' est fonction de la chaleur dégagée par la réaction et caractérise la poussée thermique due à un carbure donné. Ces poussées débutent à une température (point P) qui dépend du carbure; leur intensité (I), définie à un instant quelconque par la différence des ordonnées de A et A', a des modes d'évolution différents qui sont caractéristiques de la série à laquelle appartient un carbure.

La TTR ([3]) est la température à partir de laquelle l'oxydation s'accélère rapidement. La TTR ne coïncide pas avec le point P.

Une première étude ([4]), poursuivie dans un appareil en verre pyrex, nous a permis d'établir une relation approximativement linéaire entre

([1]) Séance du 28 décembre 1936.

([2]) Il s'agit en réalité du 2.2.4-triméthyl-pentane.

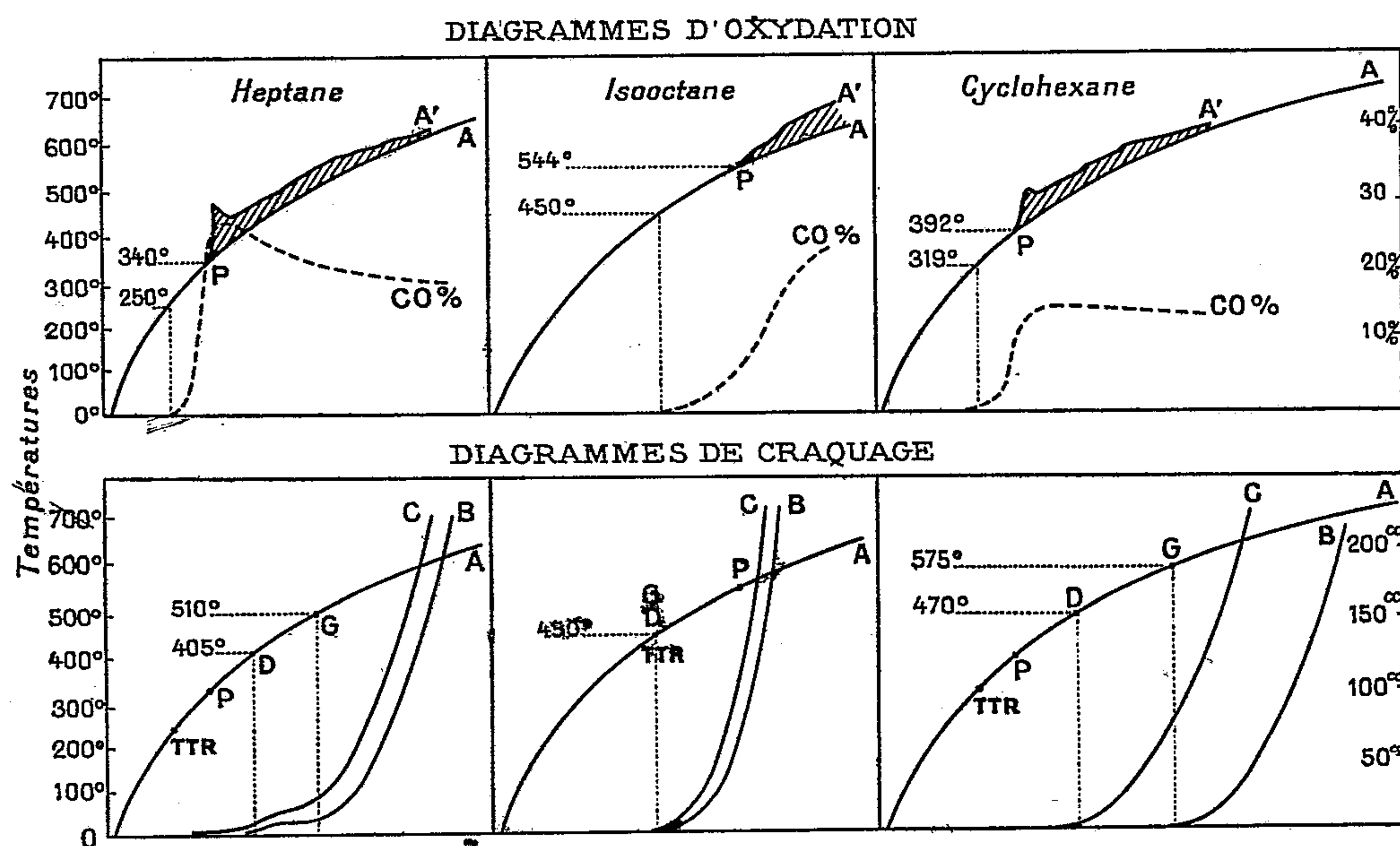
([3]) S. Estradère, *Oxydation des carbures d'hydrogène et ses rapports avec la détonation dans les moteurs* (*Thèse*, Paris, 1934).

([4]) *Comptes rendus*, 202, 1936, p. 217.

les points P de certains carbures et leurs indices de choc. Une nouvelle série d'expériences [1] menées dans un dispositif en acier, nous a montré que cette relation linéaire n'est rigoureusement vraie que pour les paraffines n. et qu'une relation générale entre indices de choc et effets thermiques ne peut être établie qu'en tenant compte de (I).

L'étude du craquage nous a récemment permis d'établir que :

a. Un cyclane moyennement détonant est plus résistant au craquage qu'une paraffine linéaire très détonante; *b.* par contre une paraffine ramifiée, très peu détonante, se craque au moins aussi facilement que son homologue linéaire très détonant; *c.* dans les mêmes conditions le benzène non détonant ne se craque pas.



D'autre part la comparaison des diagrammes de craquage et d'oxydation nous a permis d'établir les faits suivants :

a. L'oxydation précède considérablement le craquage des paraffines linéaires, des cyclanes et du benzène. L'oxydation et le craquage des paraffines ramifiées sont au contraire simultanés

L'oxydation ainsi pratiquement indépendante du craquage dans le cas des paraffines linéaires, des cyclanes et du benzène, lui est au contraire si intimement liée pour les paraffines ramifiées, qu'il semble que dans ce cas les produits de craquage sont

---

[1] *Publ. sc. et techn. Ministère de l'Air. Étude thermique de l'oxydation (sous presse).*

peut-être plus oxydables que la molécule initiale, à l'inverse de ce qui aurait lieu pour les autres carbures.

b. Les phénomènes thermiques précèdent le craquage des paraffines linéaires et des cyclanes. Ils lui succèdent au contraire pour les paraffines ramifiées. (Le benzène ne présente pas de phénomènes thermiques comparables à ceux des autres carbures.)

c. A l'apparition du craquage, entre 500 et 600°, correspond une diminution de l'intensité des poussées thermiques des paraffines linéaires et des cyclanes. Les poussées thermiques évoluent au contraire en même temps et dans le même sens que le craquage pour les paraffines ramifiées.

Lorsqu'on a cherché à lier le craquage aux indices d'octane, l'iso-octane a fait exception à la relation linéaire approchée qu'on avait établie pour d'autres types de carbures. Nos expériences montrant qu'il n'y a aucun lien direct entre le craquage et l'aptitude à la détonation des carbures appartenant à des séries différentes, on peut estimer qu'il ne faut pas poursuivre dans cette voie la recherche d'une nouvelle caractéristique du choc.

Cependant, nos expériences montrant aussi que le craquage a une influence sur les phénomènes thermiques qui accompagnent l'oxydation, on peut conclure que le craquage doit être considéré en tant qu'il entraîne à un moment donné une modification du processus d'oxydation.

Il semble finalement qu'on puisse trouver, dans l'étude expérimentale des effets thermiques accompagnant l'oxydation, les éléments de la détermination d'un nouvel indice caractéristique de l'aptitude des carbures à l'oxydation.

PHYSICOCHIMIE. — *Influence des éléments d'addition de l'acier sur l'absorption d'azote par fusion à l'arc.* Note [1] de MM. **Albert Portevin** et **Diran Sérérian**, transmise par M. Charles Fabry.

Le mécanisme de l'absorption d'azote par le fer commercialement pur, par fusion à l'arc, a été exposé [2]. Le nitrure de fer ainsi formé agit non seulement sur les propriétés caractérisant la capacité de déformation (allongement et résilience), mais aussi sur le durcissement structural [3].

[1] Séance du 28 décembre 1936.

[2] *Comptes rendus*, 199, 1934, p, 1613.

[3] D. Séférian, *Thèse* (Paris, 1935); A. Portevin et D. Séférian, *Rev. Mét.*, 33, 1936, p. 705.

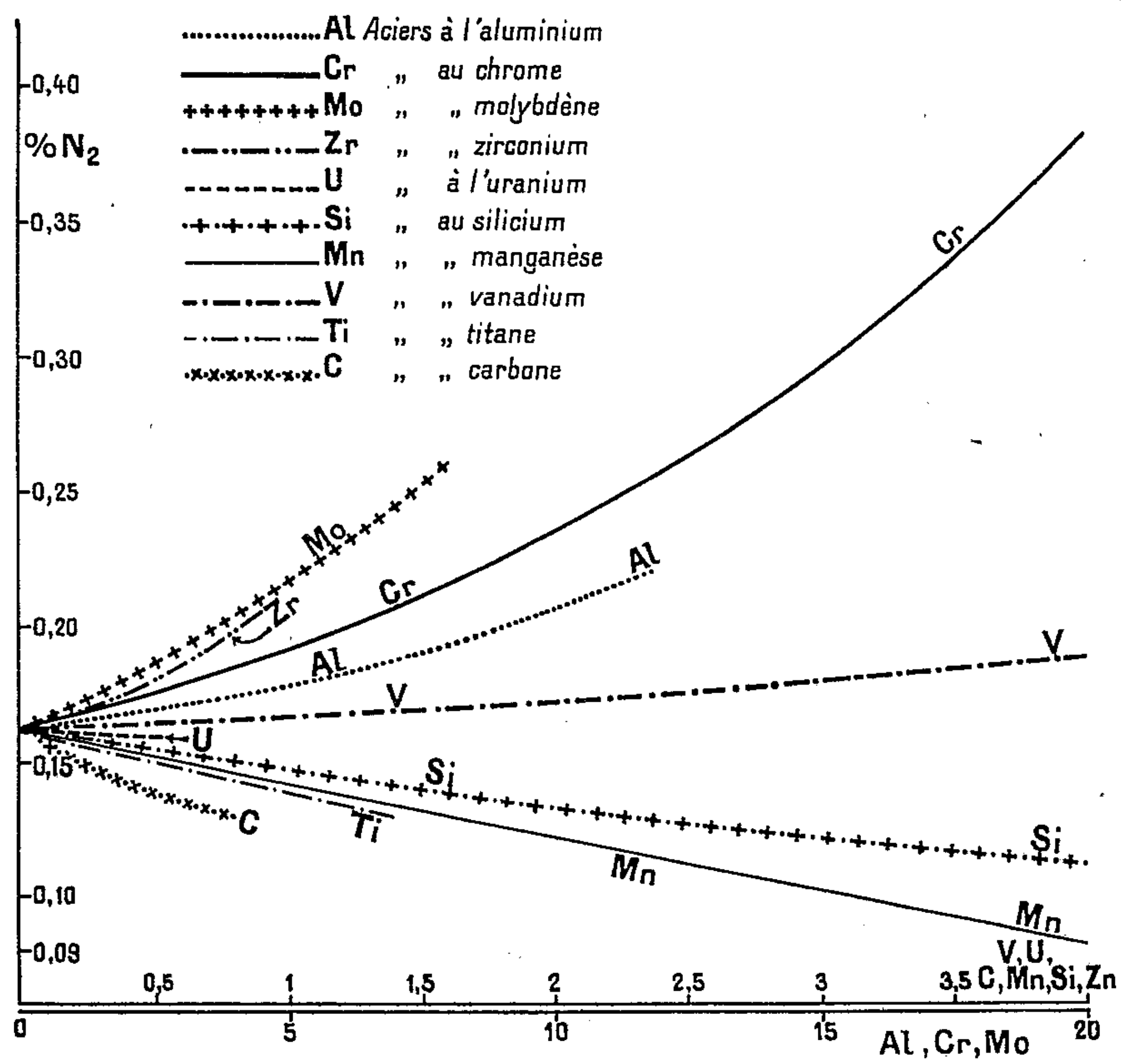


Fig. 1.

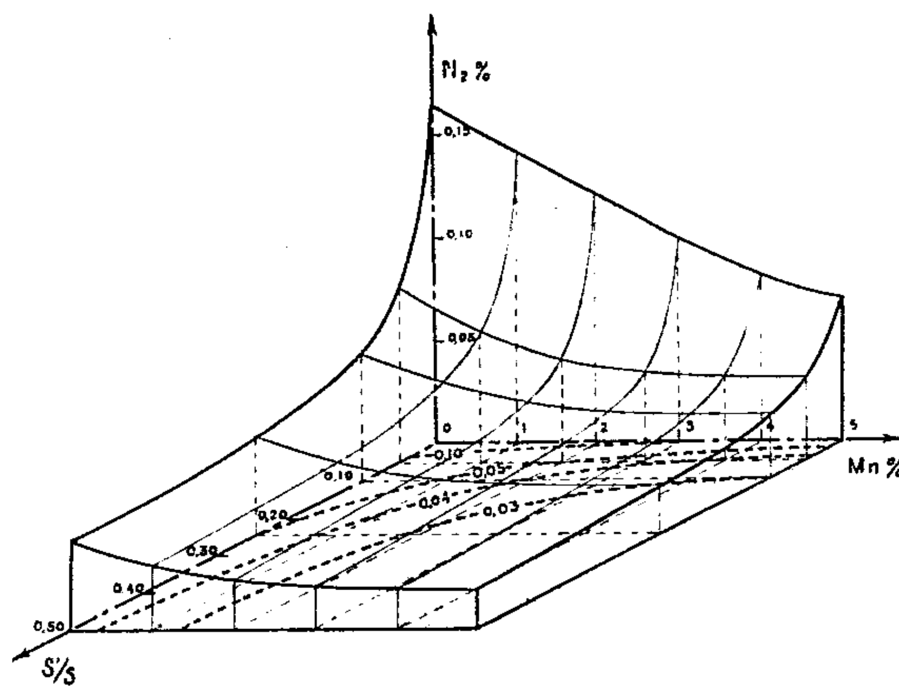


Fig. 2.

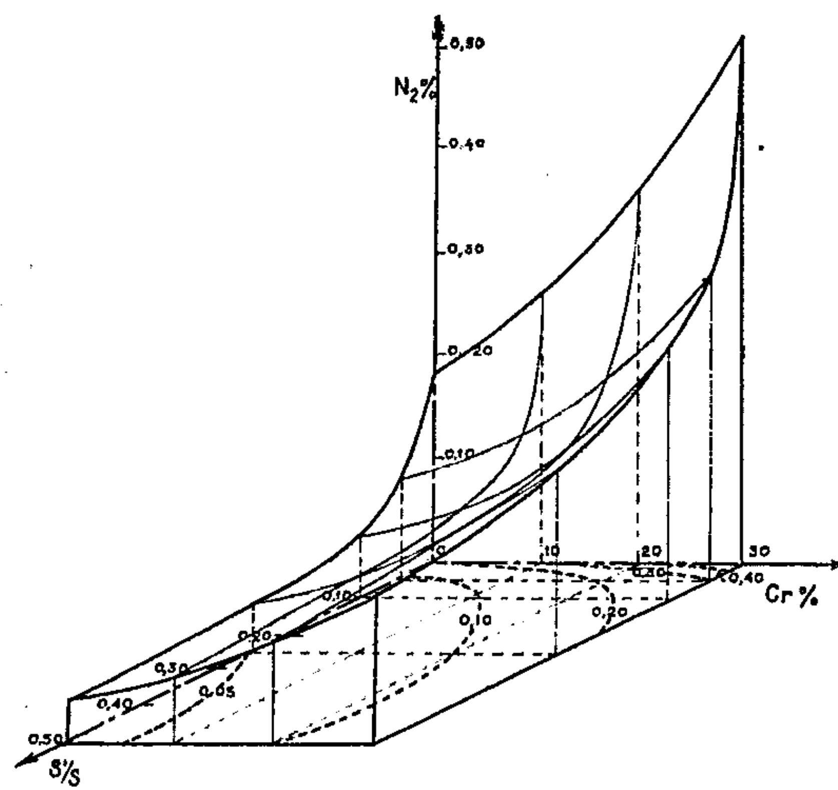


Fig. 3.

Les facteurs intervenant pour diminuer l'absorption d'azote par le fer sont :

1° la dilution de l'azote par l'hydrogène;

2° le diamètre de l'enrobage de l'électrode.

L'influence du premier facteur a été étudiée par ailleurs (*loc. cit.*).

Le second facteur également étudié (*loc. cit.*) ne donne souvent qu'une solution imparfaite ; on atteint rapidement une limite pour la concentration en azote, pour une composition donnée de l'enrobage. Par exemple, pour l'enrobage dit « neutre » formé d'un mélange de feldspath et d'oxyde de fer (47 pour 100, Fe^2O^3; 40 pour 100, SiO^2; 8 pour 100, Al^2O^3); cette limite se situe vers 0,04 pour 100, concentration relativement dangereuse.

Pour pousser plus loin la dénitruration, nous avons pensé agir par des additions d'éléments spéciaux, soit dans le métal de l'électrode, soit dans l'enrobage.

Dans cette Note nous résumons les résultats obtenus par des additions, dans le métal de l'électrode, d'un certain nombre d'éléments : C, Mn, Si; Al, Cr, Mo, Ti, V, Zr, U.

Des alliages aussi purs que possible ont été obtenus par fusion au four électrique du fer de Suède et de ferro-alliages riches en ces métaux spéciaux. Des électrodes sous forme de fil nu, à diverses teneurs en éléments, ont été fondues à l'arc, dans des conditions d'excitation et de polarité identiques. D'autres aciers au C, Mn, Si, Cr ont été également étudiés sous forme d'électrodes enrobées avec l'enrobage du type *neutre* indiqué plus haut.

Ces essais permettent de tirer les conclusions suivantes : les éléments courants de l'acier C, Mn, Si tendent à diminuer l'absorption (*fig.* 1). Les surfaces d'absorption (*fig.* 2 et 3) montrent l'influence simultanée de l'élément d'addition Mn (*fig.* 2) et Cr (*fig.* 3) et du diamètre de l'enrobage S'/S (S' surface de l'enrobage, S surface de l'âme de l'électrode).

Les éléments spéciaux étudiés tendent au contraire à augmenter cette absorption (*fig.* 1) sauf le Ti; les éléments qui agissent le plus énergiquement sont le Mo, le Zr et le Cr.

Les observations micrographiques permettent l'identification de quelques nitrures spéciaux : le nitrure de titane TiN, de couleur jaune laiton; le nitrure de zirconium ZrN, rappelant morphologiquement le TiN, de couleur jaune paille; le nitrure de vanadium V.N., gris pâle et d'éclat violacé; le nitrure d'uranium U^5N^2, jaune rosé; ils sont tous de forme polyédrique, sauf le U^5N^2. Par contre l'absorption d'azote ne fait pas apparaître de nouveaux constituants micrographiques dans d'autres alliages (Cr, Mn, Si, Mo) sauf peut-être pour ceux de l'aluminium.

En particulier, l'étude plus complète des aciers au chrome nous a apporté la solution de l'affinage de la structure des soudures des aciers ferritiques au chrome. La soudure de ces aciers se heurtait en effet, jusqu'à présent, à la structure grossière et à la fragilité de la zone de fusion des assemblages. L'introduction d'azote par fusion à l'arc, affine le grain et le degré d'affinage de la structure croît avec la concentration en azote.

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur l'existence et la stabilité du radical phosphonitrile* PN *et la synthèse du bichloronitrure de phosphore.* Note [1] de MM. **Henri Moureu** et **Georges Wetroff**, présentée par M. Marcel Delépine.

Nous avons isolé récemment un nitrure de phosphore $(PN)^n$, en partant soit du pentanitrure P^3N^5 [2], soit du pernitrure P^4N^6 [3]. L'examen d'ensemble des propriétés de ce composé nous amène à concevoir l'existence d'un groupement PN, d'une grande stabilité chimique, qui doit être le motif d'assemblage du nitrure $(PN)^n$ lui-même, et à essayer d'apporter quelques arguments en faveur de la légitimité de ce point de vue.

Indiquons tout d'abord qu'il existe une analogie frappante entre le groupement PN (que nous désignons sous le nom de *phosphonitrile*) et le radical cyanogène CN.

En effet, la molécule monomère PN, tout comme le radical CN, n'a été décelée que dans l'étincelle électrique [4], où elle présente un spectre de bandes caractéristique. Mais si l'on cherche à l'isoler, par l'un des moyens chimiques signalés plus haut, on ne recueille qu'un composé polymérisé $(PN)^n$ amorphe, insoluble dans tous les dissolvants, doué d'une très faible réactivité, possédant par suite des propriétés comparables à celle du paracyanogène et que, par analogie, nous appelons *paranitrure de phosphore*. Chauffé dans le vide à température convenable (600 à 800°), le paranitrure $(PN)^n$ se volatilise très lentement et vient se déposer sans modification apparente sur les parties refroidies de l'appareil. Il semble donc que le paranitrure, comme le paracyanogène dont l'équilibre thermique avec le dicyanogène est connu, puisse donner naissance lui

(1) Séance du 28 janvier 1936.

(2) H. Moureu et P. Rocquet, *Comptes rendus*, 198, 1934, p. 1691.

(3) H. Moureu et Wétroff, *Comptes rendus*, 201, 1935, p. 1381.

(4) L. Curry, L. Herzberg et G. Herzberg, *Z. f. Phys.*, 86, 1933, p. 348; Ghosh et Datta, *Ibid.*, 87, 1933, p. 500.

aussi, sous l'action de la chaleur, à une vapeur peu polymérisée, qui subit par condensation le retour à l'état de polymérisation initiale. Cette transformation inverse, très lente dans le cas du $(CN)^2$, serait au contraire très rapide dans le cas de la vapeur issue du paranitrure $(PN)^n$.

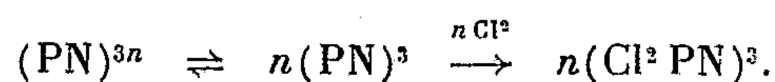
L'analogie des groupes PN et CN se poursuit également dans les composés où ils existent à l'état combiné. On connaît en effet un nombre important de substances contenant le radical CN, qui possèdent leurs correspondants porteurs du groupe bivalent PN. On trouvera ci-dessous les plus caractéristiques d'entre eux.

$(PN)^n$	$(CN)^n$	$(OPN)^n$	$[O(CN)^2]^n$
$(Cl^2PN)^n$	$(ClCN)^n$	$(SPN)^n$	$[S(CN)^2]^n$
$(Br^2PN)^n$	$(BrCN)^n$	$[(OH)^2PN]^n$	$(HOCN)^n$
$[(NH^2)^2PN]^n$	$(NH^2.CN)^n$	$(R^2.PN)^n$	$(R.CN)^n$

L'individualité du groupement PN étant admise, nous avons cherché à vérifier la conception que nous nous faisons de sa stabilité en l'opposant à une molécule très réactive telle que le chlore. On pouvait s'attendre à une destruction complète des groupes PN avec formation de PCl^5 et libération d'azote. Il se produit, au contraire, une fixation directe du chlore avec formation de *chlorure de phosphonitrile* $(Cl^2PN)^3$ (bichloronitrure de phosphore), dont la synthèse se trouve ainsi réalisée.

L'expérience est effectuée en partant du paranitrure $(PN)^n$ que l'on soumet à l'action d'un courant de chlore sec. La réaction ne débute que vers 500°, c'est-à-dire dans une zone de température voisine de celle où le paranitrure commence à se dépolymériser, comme il a été dit plus haut. On assiste alors à une véritable combustion avec flamme dans le chlore, tandis que le bichloronitrure de phosphore formé vient se condenser sur les parties froides du tube utilisé. A 500° la réaction est loin d'être totale et, pour qu'elle soit complète, il faut chauffer graduellement jusque vers 800°. Le produit brut contient alors une faible quantité (10 pour 100 environ) de PCl^5; la majeure partie se trouve constituée par le trimère $(Cl^2PN)^3$, ce qui n'exclut pas la présence possible, mais en petites quantités, de termes supérieurs.

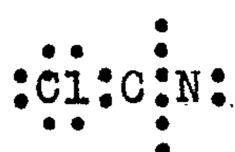
Quant au processus de la réaction, il semble plausible d'admettre le suivant :



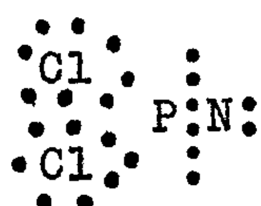
$$(PN)^{3n} \rightleftharpoons n(PN)^3 \xrightarrow{n\,Cl^2} n(Cl^2PN)^3.$$

Remarquons toutefois que le produit final serait identique si la molécule monomère PN intervenait elle-même comme terme intermédiaire. En effet,

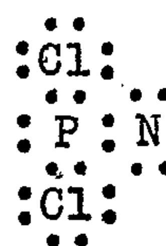
à l'encontre des composés issus du radical CN, on n'a jamais pu isoler aucun composé monomère contenant le groupe PN, tous ceux que l'on connaît ayant un degré de polymérisation égal au moins à 3. La cause profonde de cette différence apparaît si l'on considère les liaisons comme se faisant par des doublets d'électrons. Comparons, par exemple, le cas du chlorure de cyanogène à celui du bichloronitrure de phosphore.



(I)



(II)



(III)

Au moment de la formation du chlorure de cyanogène (I), l'atome de carbone accouple un électron non apparié avec l'électron célibataire d'un atome de chlore; il s'entoure ainsi d'un octet et l'édifice est stable. Un mécanisme analogue appliqué au bichloronitrure de phosphore (II) montre qu'ici l'atome de phosphore, primitivement entouré d'un octet dans la molécule PN, acquiert par fixation de chlore une couche extérieure de 10 électrons, et se trouve par suite dans un état excité; il aura donc tendance à revenir à son état normal (III); mais l'édifice devenant de ce fait incomplet, des molécules Cl^2PN s'uniront entre elles avec mise en commun d'électrons, et c'est un polymère que l'on isolera.

On voit donc que la formation du trimère $(Cl^2PN)^3$ ne permet pas de préjuger avec certitude du mécanisme exact de la réaction qui lui a donné naissance; elle démontre en tout cas la réactivité du groupe PN et permet de prévoir l'obtention analogue d'autres dérivés du phosphonitrile.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur les bornylamines.* Note (1) de MM. **Gustave Vavon** et **Israël Chilouet**, présentée par M. Robert Lespieau.

Nous avons cherché à déterminer la structure spatiale des deux amines primaires correspondant au camphre, la bornyl et la néobornylamine, comme nous l'avions fait pour les menthylamines (2) en comparant les vitesses de réaction.

(1) Séance du 28 décembre 1936.

(2) *Comptes rendus*, 204, 1936, p. 1526.

La bornylamine se prépare sans difficulté par hydrogénation de l'oxime du camphre avec le sodium et l'alcool.

Il n'en est pas de même de la néobornylamine. Jusqu'ici on n'avait pu l'obtenir que péniblement, et en petite quantité, comme sous-produit de la préparation de son isomère. Plusieurs procédés ont été employés en vue de séparer les deux bases : M. O. Forster et H. Smith ([1]) passent par les oxamides, W. J. Pope et J. Read ([2]) par les produits de condensation avec l'oxyméthylène-camphre, J. A. Goodson ([3]) fait une extraction fractionnée, à l'acide chlorhydrique aqueux, de la solution éthérée du mélange d'amines.

Malgré tout, la préparation de la néobornylamine était restée difficile et laborieuse, surtout par suite de sa faible concentration dans le mélange initial.

On pouvait espérer, d'après les résultats obtenus pour les menthylamines, que l'hydrogénation au noir de platine de l'oxime ou de l'imine du camphre conduirait au but.

En fait l'hydrogénation de l'oxime donne bien un mélange riche en néobornylamine, mais elle exige un platine très actif, l'absorption est lente, et le catalyseur se fatigue vite. Au contraire l'imine en solution acétique s'hydrogène régulièrement, ($0^l,5$ à l'heure avec 3^g de platine) et donne un mélange à environ 90 pour 100 de néobornylamine qu'on purifie par cristallisation du chlorhydrate dans l'eau. Rendement 65 pour 100.

Voici les constantes de l'amine ainsi obtenue et de ses dérivés. (Ces substances ont comme l'isobornéol un pouvoir rotatoire qui varie beaucoup en fonction de la nature du solvant et de la concentration; un exemple en est donné pour le dérivé formylé pour lequel cette variation est particulièrement forte.) Les pouvoirs rotatoires sont mesurés pour $\lambda = 578$.

Néobornylamine.......	$F = 186°$ (n. c.)	$[\alpha] = -48°,7$ (alcool	$c = 0,05$)
Chlorhydrate..........	$F = 189°$ (n. c.)	$[\alpha] = -51°,0$ (alcool	$c = 0,029$)
Dérivé formylé........	$F = 73°$	$[\alpha]$ { $-46°,7$ (chloroforme	$c = 0,05$)
		$[\alpha]$ { $-19°,3$ (alcool	$c = 0,05$)

Mesures de vitesse de réaction. — Elles ont porté, comme pour les menthylamines, sur l'action : *a*. du bromure de benzyle; *b*. du bromure de

([1]) *J. Chem. Soc.*, 77, 1900, p. 1152.
([2]) *J. Chem. Soc.*, 103, 1913, p. 444.
([3]) *J. Chem. Soc.*, 1927, p. 930.

triméthylbenzyle; *c.* de l'oxalate dibenzylique; *d.* du pipéronal, et *e.* sur la saponification du dérivé formylé.

Le tableau ci-dessous donne les temps en minutes nécessaires pour que la réaction soit effectuée au taux de 50 pour 100 :

	a.	*b.*	*c.*	*d.*	*e.*
Bornylamine............	290	85	180	82	175
Néobornylamine........	350	120	240	120	355

Dans les cinq réactions étudiées c'est donc la néobornylamine qui agit le plus lentement; on doit par suite lui donner la formule où le voisinage de la fonction est le plus encombré c'est-à-dire la formule où NH^2 est en *cis* avec le pont, celui-ci étant plus encombrant que le méthyle. L'hydrogénation catalytique de l'oxime et de l'imine en néobornylamine conduit à la même conclusion (*loc. cit.*).

La néobornylamine est ainsi l'isomère *exo*, la bornylamine l'isomère *endo*. Ce sont les structures données respectivement à l'isobornéol et au bornéol par l'un de nous en collaboration avec M. L. Peignier (¹) dans une étude des vitesses d'éthérification de ces alcools, et de saponification de leurs éthers. *Elles sont inverses de celles qu'on admettait alors en se basant sur la facilité de déshydratation de l'isobornéol.*

Récemment Asahina et Ishidate (²) ont montré que des deux acides *cis* π apobornéol carbonique, et *cis* π *apo* isobornéol carbonique, seul ce dernier, qui a la structure de l'isobornéol, donne une lactone. Par suite le pont et l'oxhydryle sont en *cis* dans cet acide et dans l'isobornéol. *Ainsi se trouve confirmée la conclusion déduite de l'empêchement stérique.*

MINÉRALOGIE. — *Sur les caractéristiques des palygorskites.* Note (³) de M. **Henri Longchambon.**

Dix-huit échantillons de ce minéral, de provenances différentes, qui nous avaient fourni des caractéristiques de déshydratation identiques, ont été étudiés par la méthode de diffraction du rayonnement X. Cette étude a été faite avec le rayonnement Kα du cuivre dans des conditions diverses relatées ci-dessous :

(¹) *Bull. Soc. Chim.*, 4e série, 39, 1926, p. 924.

(²) *Ber. deutsch. Gesells.*, 68, 1935, p. 555; 69, 1936, p. 343.

(³) Séance du 28 décembre 1936.

1° Dix-sept échantillons examinés à leur état naturel ont fourni des radiogrammes de diffraction de corps cryptocristallins (radiogrammes de poudre) parfaitement nets. Au premier examen tous ces radiogrammes sont identiques et démontrent ainsi l'homogénéité de structure de ces minéraux. Une étude plus précise de ces documents montre, en passant d'un échantillon à l'autre, de légères fluctuations supérieures aux erreurs d'expérience pour certains espacements réticulaires. En considérant arbitrairement les diverses lignes de diffraction comme correspondant à des diffractions de premier ordre, on obtient la série moyenne suivante d'espacements réticulaires comme série caractéristique des minéraux de cette famille :

Å...	10,8 ± 0,15	6,5 ± 0,15	5,55 ± 0,05	4,65 ± 0,05	
Int..	10	4	5	8	
Å...	4,35 ± 0,05	3,80 ± 0,03	3,35 ± 0,03	3,25	3,10
Int..	8	4	6	halo	
Å...	2,70 à 2,55	2,40 ± 0,02	2,32	2,20 ± 0,02	
Int..	8	3	3	4	
Å...	1,86 ± 0,02	1,74 ± 0,02	1,66 ± 0,01	1,60 ± 0,01	
Int..	3	2	3	4	
Å...	1,54 ± 0,01				
Int..	4				

Ces radiogrammes apparaissent ainsi comme très analogues dans leur ensemble aux radiogrammes fournis par les sépiolites; ils s'en distinguent principalement par la raie intense du grand espacement réticulaire qui correspond à un espacement de 11,6 à 12 Å dans les sépiolites et de 10,7 à 10,9 dans les palygorskites.

2° Un dix-huitième échantillon provenant de Pensylvanie a ses fibres partiellement orientées et fournit un radiogramme qui permet de constater que l'espacement réticulaire 10,8 Å correspond à des plans parallèles à la direction de la fibre et que la périodicité suivant la direction de la fibre est voisine de 5,2 à 5,3 Å. L'analogie avec les sépiolites pour lesquelles la périodicité suivant la fibre est de 5,3 Å et qui montrent dans une direction perpendiculaire à la fibre un espacement réticulaire de 11,6 à 12 Å devient ainsi plus étroite.

3° Les modifications permanentes apportées au réseau par une déshydratation progressive due à des températures croissantes, ont été également étudiées. Ces modifications sont en tous points analogues à celles observées avec la sépiolite d'Ampandrandava. En se référant à la courbe

de déshydratation des palygorskites [1] on constate que pour la portion AD de cette courbe, correspondant à un départ d'environ 13 pour 100 d'eau à caractère zéolitique et à une température de chauffage de l'ordre de 350°, aucune modification structurale importante n'est décelée par le radiogramme. Pour la portion DE de cette même courbe correspondant à une température de chauffage allant de 350 à 450° et à une perte d'eau supplémentaire de l'ordre de 6 pour 100 une évolution rapide du réseau se manifeste, correspondant à une contraction perpendiculairement à la direction de la fibre, et sans passer par l'amorphisation. On aboutit ainsi à une seconde structure (palygorskite II) qui est caractérisée par les équidistances suivantes :

Å................	9 à 11	6,4	5,26	4,8 à 4,4	3,75	3,02
Int.................	halo diffus	5	1	10	5	4
Å................	2,70	2,35	2,22	1,78	1,57	1,36
Int.................	4	3	3	3	2	2

Cette structure est stable jusqu'à 775° environ, température à laquelle il y a destruction brusque du réseau. A température plus élevée, il y a recristallisation progressive donnant des radiogrammes qui peuvent être rapportés avec quelque incertitude à un mélange d'enstatite, de sillimanite et de cristobalite.

Courbes dilatométriques. — Les courbes dilatométriques des palygorskites sont analogues à celles des sépiolites et s'interprètent aisément en fonction des constatations qui précèdent. On observe une légère contraction correspondant au départ de l'eau zéolitique, une forte contraction aux environs de 400° correspondant à la transformation du réseau et, aux environs de 800°, une phase plastique correspondant à la destruction du réseau.

Analyse thermique. — Les courbes d'analyse thermique, très analogues dans leur forme à celles des sépiolites, sont assez caractéristiques et s'interprètent facilement. Compte tenu des décalages de température dus à une loi d'échauffement plus rapide pour une analyse thermique que pour une déshydratation, on observe un premier effet endothermique avec léger palier intermédiaire correspondant au départ de l'eau zéolitique, un second effet endothermique correspondant à la perte d'eau qui accompagne le passage de la palygorskite I à la palygorskite II, vers 800° un troisième

(1) H. LONGCHAMBON, *Comptes rendus*, 203, 1936, p. 672.

effet endothermique suivi d'un effet exothermique correspondant à l'amorphisation du réseau et à la recristallisation consécutive.

En résumé, l'étude des courbes de déshydratation et les constatations qui précèdent, faites sur un assez grand nombre d'échantillons de palygorskites, conduisent à assigner à cette espèce minérale des caractéristiques physiques précises qui prouvent et définissent son individualité. Ces caractéristiques sont en analogie très étroite avec celles fournies par les sépiolites, ce qui confirme l'hypothèse faite par M. Fersmann considérant les palygorskites comme dérivant des sépiolites par remplacement isomorphique du magnésium par l'aluminium. Du point de vue physique, ce remplacement se traduit par divers détails, en particulier par une teneur en eau plus élevée pour l'hydrate défini et une décomposition plus nette de celui-ci vers 400°.

GÉOLOGIE. — *Les deux grandes unités tectoniques de la Vendée.* Note de M. **Gilbert Mathieu**, transmise par M. Charles Barrois.

Les bandes de phtanites de Vendée avaient été négligées jusqu'alors sur la plupart des cartes géologiques de cette région (1). En les traçant sur les deux feuilles au 1/320000e de la Rochelle et de Nantes, nous obtenons des directions de plissements à travers tout le massif vendéen. Nous pouvons arriver ainsi à des conclusions très générales.

1. Le grand synclinal dévono-carbonifère de Vendée qui s'étend du Houiller du Lac de Grand-Lieu au Givétien de la Ville-Dé-D'Ardin coupe en diagonale le massif paléozoïque en deux parties presque égales. Dans tout le secteur Nord-Est, les alignements de quarzite blanc comme les bandes de phtanites offrent des directions régulières NW-SE. Au contraire au Sud-Ouest du sillon houiller, nous avons une série de lignes de phtanites dirigées presque E-W. Nous retrouvons d'ailleurs ces directions dans la presqu'île de Guérande et dans les phtanites de Pornic (Loire-Inférieure). En considérant les plis de directions NW-SE (prolongement des plis de Cornouailles) et les plis Est-Ouest, le massif paléozoïque de Vendée offre donc une disposition des plis en éventail. La ligne tectonique principale est l'anticlinal gneissique bordant au Sud le houiller (2) parce qu'il sépare

(1) *Comptes rendus*, 203, 1936, p. 940.

(2) Nous étions déjà arrivé à cette conclusion par la considération des mouvements posthumes, voir *Comptes rendus*, 202, 1936, p. 581.

le faisceau des Cornouailles du faisceau des plis de la région côtière. Il est remarquable de constater que la bande de phtanite de Brétignolles-sur-Mer à Rosnay, Mareuil-sur-le-Lay, dirigée E-W près de la côte, se couche suivant une direction NW-SE en approchant de la bande des gneiss de Mervent.

2. Dans la région côtière, on est frappé par l'écrasement général de tous les terrains. Les schistes briovériens sont *comme gaufrés;* ils ont une allure tourmentée dans le détail, avec filonnets de quartz dessinant des sinusoïdes, quoique dans l'ensemble la série X soit sub-horizontale (affleurements typiques des gorges de la Vie à Apremont). Les rhyolites, en plaques minces, révèlent un écrasement intense (côte de Brétignolles-sur-Mer, gisement de Coex et de Landevieille). Les gneiss de Grand-Landes avec lits de micas écrasés montrent des phénomènes analogues. C'est également à cette unité tectonique qu'appartient le massif de granite écrasé de Mareuil-sur-le-Lay étudié par M. Jacques de Lapparent (1).

Ainsi, tandis que dans le synclinorium de Chantonnay, les forces orogéniques dues à la grande compression hercynienne ont abouti à la formation de longs plis rectilignes (2) avec failles d'étirement, des phénomènes différents ont eu lieu dans la région côtière. Dans ce secteur, en effet, il n'y a pas eu formation de synclinaux et d'anticlinaux profonds, aussi le Cambrien n'a pu être conservé. Le Briovérien affleure uniquement, formant de larges ondulations qui ramènent périodiquement les phtanites en affleurement. Dans le Bas-Bocage, tous les terrains peu redressés ont été littéralement écrasés sans arriver à former de grands plis.

A la suite de ces nouvelles constatations, il nous apparaît donc que la Vendée présente deux unités tectoniques différentes. Une région a été écrasée sur place avec formation de directions E-W, l'autre a donné de grands plis de direction *sud-armoricaine*. Le sillon houiller sépare ces deux unités tectoniques. Comme le prouvent les coupes des anciennes mines de St-Laurs (Deux-Sèvres), le synclinal dévono-carbonifère a subi des poussées violentes venant du sud-ouest. Cette pointe sud-est du Bassin houiller de Vouvant ainsi que les gneiss, avec granulite écrasée de Mervent, ont servi en quelque sorte de pivot entre les deux unités tectoniques.

Jusqu'à présent, nous venons d'exposer des faits d'observation sur les directions des lignes de plissements. Sur la cause de ces phénomènes

(1) Jacques de Lapparent, *Bull. Soc. Franc. de Minéralogie*, 32, 1909, p. 207.
(2) G. Mathieu, *Comptes rendus*, 200, 1935, p. 330.

nous pouvons faire différentes hypothèses. Premièrement on peut considérer les deux directions E-W et NW-SE comme les traces de phases tectoniques différentes.

Il est remarquable en particulier de constater que les directions E-W se manifestent dans les terrains anté-dévoniens, exemples :

1° *axe des Rhyolites du Choletais;*
2° *axe du quartzite rouge de la Gâtine*, près du sillon houiller;
3° *phtanites de la région côtière.*

Au contraire, les plis qui affectent le dévono-carbonifère : synclinal de Chantonnay-la-Ville-Dé, synclinorium d'Ancenis, présentent la direction des Cornouailles.

Une autre interprétation consiste à voir dans les orientations diverses un croisement de rides du même âge. Le massif armoricain dans son ensemble n'offre-t-il pas des directions de plissement différentes : *axe du Léon* et *axe des Cornouailles*.

ANTHROPOLOGIE. — *La durée de la vie chez l'Homme fossile.* Note de M. **Henri-V. Vallois.**

L'estimation de l'âge individuel des squelettes préhistoriques n'a le plus souvent été faite que d'une façon très approximative. Si les diverses phases d'éruption des dents et le mode de soudure des points d'ossification du crâne et des membres apportent, pour les enfants et les adolescents, des données suffisantes, le problème devient très difficile pour les adultes. Le degré d'usure des dents, sur lequel se sont basés certains auteurs, ne peut être considéré : ce phénomène atteint, chez les Hommes fossiles, une précocité et une intensité telles, qu'une comparaison avec les races actuelles doit être rigoureusement exclue. Le seul caractère utilisable est la synostose des sutures craniennes, mais les recherches faites sur sa chronologie chez les hommes actuels ont longtemps été très incomplètes; ce n'est que tout récemment que des statistiques détaillées ont permis de la fixer.

En utilisant leurs données, j'ai déterminé l'âge de la mort de tous les sujets paléolithiques ou mésolithiques dont j'ai pu examiner le squelette, ou sur l'état desquels des renseignements précis ont été publiés. Laissant de côté les restes douteux (H. de Piltdown, etc.), et ceux dont la position systématique est encore discutée (Pithecanthropus, Sinanthropus, etc.),

je résumerai les constatations faites pour l'*Homo neanderthalensis* et l'*Homo sapiens fossilis*

Homo neanderthalensis. — 17 sujets d'âge déterminable se répartissent ainsi : enfants de 0 à 11 ans, 5; adolescents de 12 à 20 ans, 3; adultes de 21 à 30 ans, 5 (un H., 4 F.); de 31 à 40 ans, 3 (H.); de 41 à 50 ans, un (H.). A cette liste, il faut ajouter 8 sujets jeunes ou adolescents dont les auteurs n'ont pas précisé l'âge, et 9 adultes, d'âge également non spécifié; de ces derniers, 5 étaient encore relativement jeunes, 2 seulement sont décrits comme « avancés en âge mais non séniles ».

H. sapiens fossilis : a. Paléolithique supérieur. — J'ai pu vérifier l'âge de 53 sujets appartenant aux divers types ou races que l'on décrit en Europe pour cette période. Ils se répartissent ainsi : enfants, 15 ; adolescents, 7 ; adultes de 21 à 30 ans, 13 (4 H., 6 F., 3 de sexe indéterminable); de 31 à 40 ans, 11 (5 H., 5 F., 1 de sexe indéterminable); de 41 à 50 ans, 6 (5 H., 1 de sexe indéterminable); de 51 à 60, 1 (H.). A cette liste, il faut ajouter 5 adultes d'âge indéterminable, mais non séniles.

Dans le Paléolithique supérieur d'Algérie, l'important gisement d'Afalou-bou-Rhummel (d'époque ibéro-maurusienne) contenait 45 sujets qui ont été étudiés par M. Boule, Verneau et moi-même. Leurs âges étaient les suivants : enfants, 6; adolescents, 3; adultes de 20 à 25 ans, 11 (4 H., 7 F.); de 25 à 35 ans, 11 (4 H., 7 F.); de 35 à 40 ans, 10 (8 H., 2 F.); de 40 à 50 ans, 4 (3 H., 1 F.).

b. Mésolithique. — Les gisements d'Ofnet, Téviec, Hoëdic, Montardit et Gramat ont livré 58 squelettes d'âge déterminable, ainsi répartis : enfants, 18; adolescents, 2; adultes de 21 à 30 ans, 29 (12 H., 17 F.); de 31 à 40 ans, 6 (4 H., 2 F.); de 41 à 50 ans, 1 (H.); plus de 50 ans, 2 (H.).

En dehors de l'Europe, les seules données existant pour cette période concernent le gisement natoufien d'Erq-el-Ahmar (Palestine), où j'ai constaté l'existence de 1 enfant, 2 adolescents, 2 femmes de 20 à 30 ans, 1 homme adulte d'âge non spécifiable, mais non sénile.

Ces résultats montrent, d'une façon frappante, la brève durée de la vie des Hommes fossiles. Sur 173 sujets d'âge nettement déterminable, 3 seulement avaient dépassé 50 ans; aucun n'était un vieillard à proprement parler, puisqu'aucun ne présentait cette synostose complète de toutes les sutures du crâne et de certaines de la face que l'on observe communément chez les Hommes actuels après 70 ou 80 ans.

On pourrait objecter à cette conclusion que, chez les races préhistoriques, l'ossification des sutures était plus tardive qu'aujourd'hui. Mais cet argu-

ment n'est guère acceptable; en effet : 1° chez les anthropoïdes, la synostose est beaucoup plus précoce que chez nous : la voûte est totalement ossifiée au moment de la sortie de la troisième molaire et de la soudure du point interne de la clavicule, donc à un stade qui correspond au maximum à 25 ans chez l'Homme; 2° chez les races primitives actuelles, elle est un peu plus précoce que chez les civilisées. Cette double constatation laisse penser que, si la synostose cranienne des Hommes fossiles n'avait pas lieu au même âge que maintenant, elle aurait plutôt eu tendance à être plus précoce.

On pourrait aussi objecter que les crânes des vieillards, plus fragiles que les autres, ne se sont pas conservés, mais cet argument ne vaut pas puisque les crânes d'enfants, qui sont encore plus fragiles, ont subsisté en grand nombre.

Il est donc probable, qu'aux époques paléolithique et mésolithique, l'Homme suivait la règle qui semble être celle des Mammifères sauvages actuels : la mort coïncidait avec le déclin des forces physiques et de l'activité sexuelle. La longue survie observée de nos jours serait un phénomène secondaire, conséquence des nouvelles conditions d'existence dues à la civilisation.

On remarquera enfin que, sur les relevés précédents, la durée de la vie paraît, dans tous les groupes, plus brève chez la femme. Il est possible qu'il en ait été ainsi, mais il se peut simplement, qu'à âge égal, la synostose soit plus précoce dans le sexe féminin : les statistiques actuelles ne permettent pas de se prononcer sur ce point.

MYCOLOGIE. — *Les noyaux et leurs divisions, dans les articles du carpophore et particulièrement dans les basides des* Mycena. Note de M. **Robert Kühner** présentée par M. Alexandre Guilliermond.

Les résultats que nous résumons dans cette Note ont été, en majeure partie, obtenus sur des carpophores fixés au liquide de Bouin-Hollande et colorés suivant la méthode de Gram-Newton, que nous modifions légèrement, de façon à obtenir une coloration des membranes et du cytoplasme, en ajoutant à 100$^{cm^3}$ de la solution iodée dans laquelle les coupes doivent passer après leur séjour dans le violet, 100 à 170^{mg} de vert lumière (la solution ainsi obtenue se conserve longtemps). L'essence de girofles achève

la différenciation, en l'arrêtant à peu près automatiquement au point voulu.

L'hématoxyline ferrique donne des préparations beaucoup moins limpides, mais qu'on peut souvent améliorer en soumettant au préalable les coupes à l'hydrolyse par HCl normal, à 60° C. (15 à 45 minutes) ou en les laissant quelques jours (10 à 20 par exemple) dans l'essence de cèdre; ce dernier produit permet également de blanchir (en 5 jours par exemple) les pièces fixées par des liquides osmiques.

De bonnes colorations nucléaires peuvent être obtenues, en quelques minutes, sur le matériel frais et même sur des matériaux d'herbier (simplement desséchés) vieux de dix ans, par la méthode au carmin acéto-ferrique bouillant de Belling-Kattermann; pour les basides, la coloration est meilleure sur le matériel sec, car sur les échantillons frais, on ne colore guère que les chromosomes en métaphase et en anaphase et les noyaux fils, au moment où ils montent vers les stérigmates.

I. Au point de vue nucléaire, peuvent être considérés comme caractéristiques du genre *Mycena* :

A. *Le grand nombre des noyaux dans le stipe*, où chaque article en renferme souvent jusqu'à 20 ou 30 [même jusqu'à 50 chez les *M. floridula* (Fr.) sensu Bres. et *rubromarginata* (Fr.)]. En revanche les cystides et les poils ne renferment, en général, pas plus de noyaux que les basidioles; par exception, les poils du pied de *M. amicta* (Fr.) renferment de nombreux noyaux.

B. *L'orientation apicotransverse de la première figure cinétique dans la baside*, que nous avons notée sur plus de 40 espèces; seule une forme de *M. rubromarginata* (Fr.), à fuseaux particulièrement gros, nous a montré une première mitose toujours fortement oblique.

C. *L'étirement des noyaux en poire, lors de leur ascension vers les stérigmates* (noté sur 20 espèces).

D. *L'existence* (remarquée sur plus de 30 espèces) *d'une division nucléaire dans la baside, après la poussée des stérigmates*, poussée qui correspond à peu près, suivant nos observations, au début de l'accumulation du glycogène dans la baside, celui-ci devenant surtout abondant à partir du moment où les spores commencent à se développer.

Cette division qui a lieu parfois [*M. cinerella* Karst., *flavipes* Q., *misera* (Fr.), *rubromarginata* (Fr.)], à la base des stérigmates, se produit le plus souvent lors du passage du noyau dans la spore et aboutit à la

formation de noyaux qui dégénèrent dans la baside et qui sont fréquemment en nombre égal ou plus grand (5-7 chez *M. cinerella* Karst.) que les stérigmates.

II. Au point de vue du comportement nucléaire dans leurs basides, les *Mycena* de France peuvent être groupés de la manière suivante, d'après nos observations (¹) :

A. Formes « normales », chez lesquelles *les basides jeunes renferment 2 noyaux* qui se fusionnent plus tard. *Le noyau de fusion se divise deux fois* avant la poussée des stérigmates; la première division s'est toujours montrée suivie d'un stade de repos, où chacun des noyaux fils reconstitue un nucléole (qui avait disparu à la métaphase) chez les 12 espèces spécialement étudiées à ce point de vue. *Les hyphes sont bouclées* dans les 40 espèces examinées.

1° La plupart ont des *basides à 4 spores renfermant* 1-(2) *noyau;*

2° Quelques-unes ont des *basides à 2 spores; 2 noyaux passent dans chaque spore* où l'un d'eux se divise souvent encore une fois. Les basides de ces formes ayant sensiblement même taille que celles des formes 4-sporiques correspondantes, les spores sont nettement plus grandes que chez ces dernières (souvent de 1/5ᵉ à 1/3 plus longues).

M. epipterygioides Pears., *filipes* (Bull.), *iodiolens* Lund., *lactea* (Pers.), *Meulenhoffiana* Oort, *rorida* (Fr.), *rubromarginata* (Fr.), *tenerrima* (Berk.) et *Omphalia crispula* Q.

B. Formes « haplo-parthénogénétiques » à *basides ne renfermant d'emblée qu'un seul noyau, qui ne se divise en général qu'une fois* avant la poussée des stérigmates. *Spores en général à un noyau. Hyphes sans boucles.*

1° Une seule espèce s'est montrée *tétrasporique*; c'est *M. atromarginata* (Lasch), dont le comportement nucléaire est calqué sur celui bien décrit par A. H. Smith, chez *M. polygramma* var. *albida* Kauff.

2° La plupart ont des *basides à* 2-(3) *stérigmates* seulement; leurs spores sont en général plus grandes (souvent de 1/10 à 1/4 plus longues) que chez la forme normale et tétrasporique correspondante.

M. camptophylla (Berk.), *coccinea* (Sow.), *corticola* (Schum.) forme gris bleu, *debilis* (Fr.), sensu Lange, *electica* Buck., *epiphlœa* (Fr.), *fellea* Lange, *floridula* (Fr.), sensu Bres., *galericulata* (Scop.), *gypsea* (Fr.),

(¹) Pour les espèces d'Amérique du Nord, voir le travail de A. H. Smith, *Mycologia* (U. S. A.), 26, 1934, p. 305-331.

margaritispora Lange, *misera* (Fr.), sensu Bres., *scabripes* (Murr.), *speirea* (Fr.), sensu Lange et sensu R. Maire (spore ronde) et *Omphalia Mairei* Gilbert.

ZOOLOGIE. — *L'hémaphrorrhée, rejet-réflexe de sang et d'air par les Acridiens phymatéides*. Note (¹) de M. **Pierre-P. Grassé**, présentée par M. Maurice Caullery.

Nous avons observé, en Côte d'Ivoire, un Orthoptère acridien phymatéide, le *Dictyophorus oberthuri* Bol., habitant des savanes, qui présente un réflexe tout à fait extraordinaire.

Dès que l'on saisit ce Criquet entre les doigts, il expulse une écume brunâtre, qui sort en divers points du corps et des pattes. Intrigué par ce phénomène insolite, nous avons étudié la nature de l'écume et le mécanisme de son rejet.

Le liquide spumeux s'échappe de pores ou fentes occupant des positions précises. Le pronotum à lui seul possède 9 fentes spumifères : 2 de part et d'autre de sa pointe antérieure, 5 sur son bord postérieur (dont une dans le plan sagittal) et 2 sur ses angles inféro-antérieurs. Un pore s'ouvre de chaque côté du cou et au-dessus des hanches des pattes moyennes et postérieures. La localisation la plus inattendue est assurément celle des dix orifices disposés en ligne, le long du bord inférieur des fémurs postérieurs. Enfin, sur huit des tergites abdominaux, on observe une saillie médiane dont le sommet est percé d'un pore spumifère.

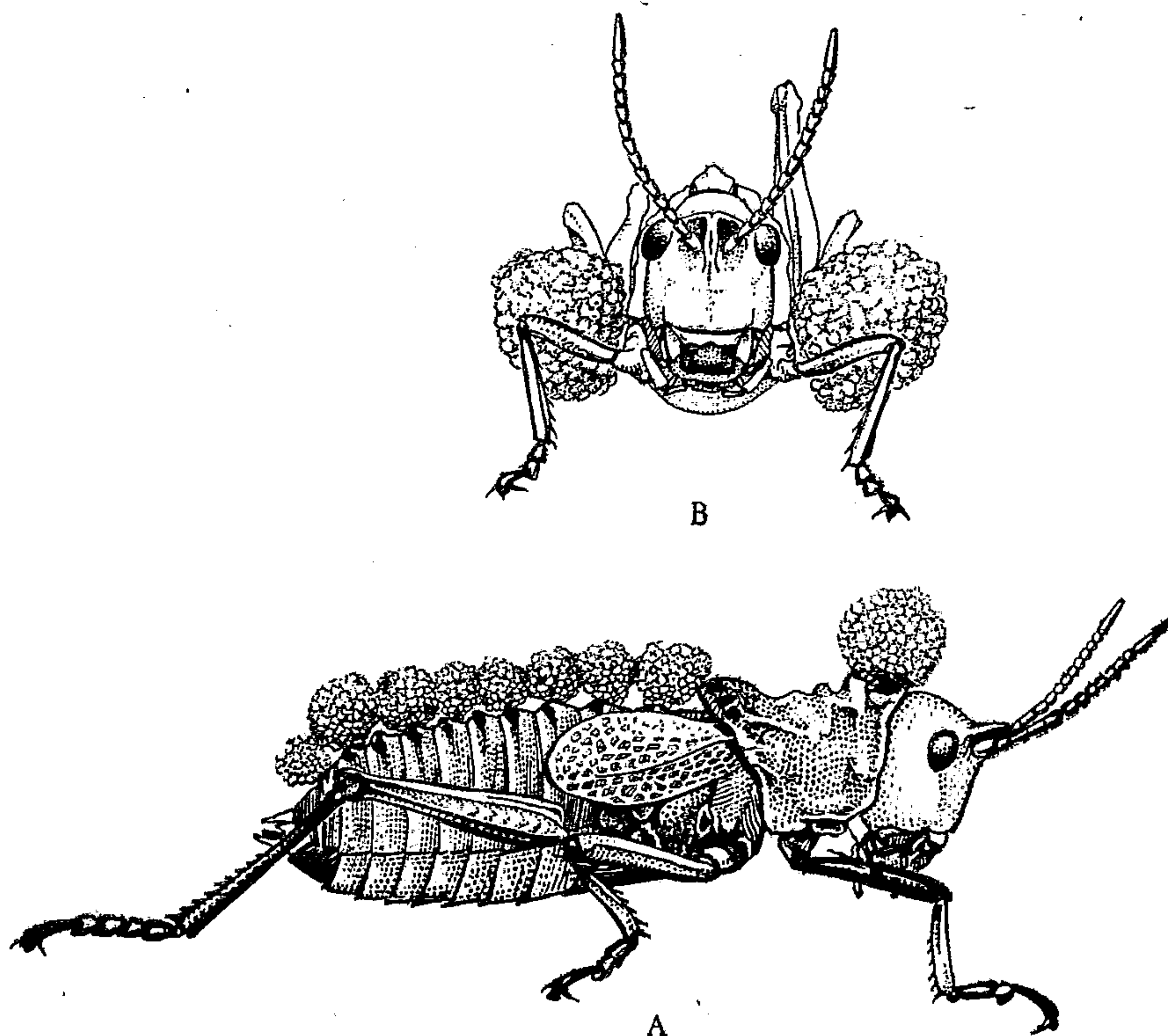
L'écume se compose de sang et de bulles d'air, d'où le nom d'*hémaphrorrhée* par lequel nous désignons son rejet.

Une pression, même très légère, exercée sur les côtés de l'abdomen, fait sourdre, de chaque pore abdominal, une goutelette d'un liquide brun foncé qui n'est autre que du sang. Le Criquet, surtout si on le serre davantage, accélère et amplifie ses mouvements respiratoires. Il aspire, par ses stigmates, une grande quantité d'air qui gonfle les trachées et rend l'abdomen presque aussi turgescent que celui d'une femelle effectuant sa ponte. L'insecte fermant ses stigmates et se contractant, l'air s'échappe

(¹) Séance du 28 décembre 1936.

par les pores et fentes spumifères et, barbotant dans le sang qui s'écoule de ces orifices, forme l'écume dont la quantité est souvent plus considérable que ne l'indique la figure A. L'ouverture des fentes et pores spumifères semble due à l'augmentation de pression interne.

La nature réflexe de l'hémaphrorrhée ne nous paraît pas douteuse. En voici la preuve. Si l'on serre légèrement, entre les branches d'une pince, le



Dictyophorus oberthuri Bol. — A, hémaphrorrhée par les pores abdominaux et les pores antérieurs du pronotum; B, hémaphrorrhée par les pores des hanches moyennes.

fémur d'une deuxième patte, on provoque immédiatement la sortie d'un volumineux flocon d'écume par l'orifice situé au-dessus de la hanche correspondante (*fig.* B).

Peu à peu l'excitation gagne les divers centres nerveux et l'écume fuse alors par tous les pores : cou, thorax, fémurs postérieurs, abdomen. Le *Dictyophorus* en est parfois presque entièrement couvert.

L'hémaphrorrhée s'apparente à la saignée-réflexe présentée par beaucoup d'insectes, mais c'est la première fois, à notre connaissance, que l'on signale un rejet simultané d'air et de sang. La participation de l'appareil trachéen ajoute à la complexité du phénomène. Dans un mémoire d'ensemble, nous expliquerons le mécanisme de la rupture des trachées et de l'expulsion de l'air.

L'hémaphrorrhée existe probablement chez la plupart, sinon chez tous les Phymatéides. Nous l'avons observée encore chez l'un deux : le *Taphronota ferruginea* Fab., qui habite les forêts humides. Rappelons que le *Dictyophorus* type du genre (espèce du Cap), se nomme *spumans*, terme qui atteste sa faculté de rejeter de l'écume.

Pawlowsky (1), qui a étudié le *Phymateus hildebrandti* Bol. sur pièces fixées, assure que le liquide rejeté est produit par des glandes cutanées. L'observation directe, sur le vivant, montre qu'il n'en est rien, et que l'appareil trachéen intervient activement dans la production de l'écume, ce que Pawlowsky ne pouvait savoir.

BIOLOGIE. — *Comparaison biométrique de deux espèces du genre* Maia *(Crustacés Brachyoures)*. Note (2) de M. **Georges Teissier**, présentée par M. Charles Pérez.

Les deux espèces d'Araignées de mer que l'on rencontre sur nos côtes ont une forme si semblable que les systématiciens ne les auraient pas distinguées si les *Maia squinado* n'étaient pas toujours plus grandes que les *Maia verrucosa*. Une comparaison biométrique de ces deux espèces était d'autant plus tentante que ces Crustacés, qui ne muent plus une fois la maturité sexuelle atteinte, ont une taille adulte aussi exactement définie que celle d'un Insecte et que, par ailleurs, leurs pinces, beaucoup plus grandes chez les mâles que chez les femelles, varient beaucoup de dimensions relatives suivant la taille de l'individu auxquelles elles appartiennent (3).

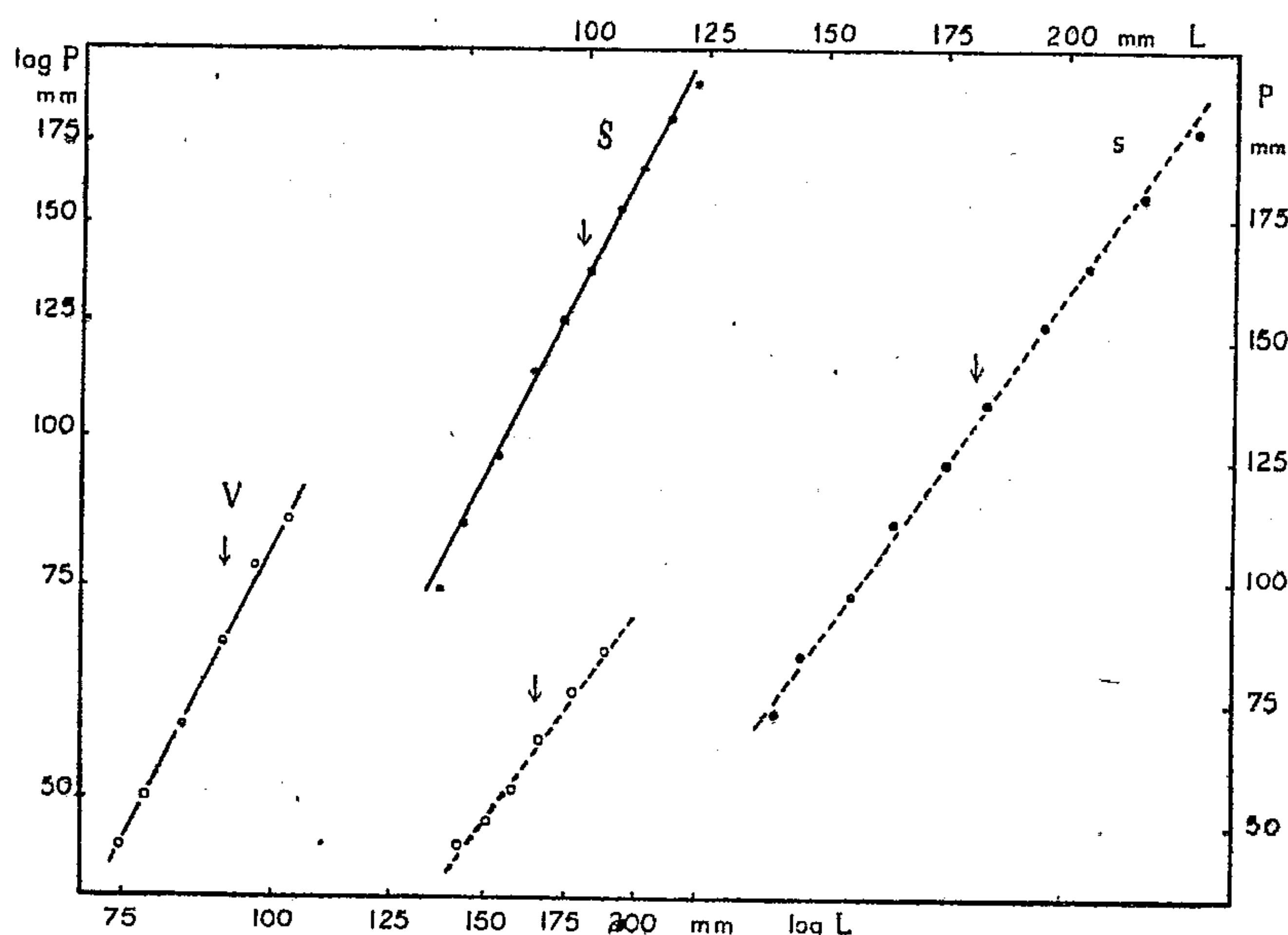
(1) Publication du *Laboratoire zoologique de l'Académie Impériale de Médecine militaire*, **11**, 1915, Pétrograd.

(2) Séance du 23 novembre 1936.

(3) Cf. pour une étude biométrique détaillée de *M. squinado* : G. Teissier, *Tr. Stat. Biol. Roscoff*, fasc. 13, 1935, p. 91-130.

Le graphique ci-contre résume mes mesures et traduit pour les deux espèces la relation existant entre la longueur P du propodite de la pince droite des mâles et la longueur L de leur céphalothorax. Je l'interpréterai en m'appuyant sur les résultats des mesures de *M. squinado*.

Le résultat des mesures est un nuage de points réparti à peu près suivant



la loi de Gauss. Ce nuage est très allongé, et sensiblement suivant une droite. C'est ce que traduit la valeur élevée du coefficient de corrélation $r = 0,957$.

Si l'on prend comme variable indépendante la longueur L, la valeur moyenne de P qui correspond à cette valeur L est très sensiblement fonction linéaire de L. C'est ce que traduit la droite *s* du graphique. Si l'on représentait les mesures à l'aide des coordonnées log L, log P, on aurait encore un nuage de points sensiblement normal, très allongé, peut-être un peu mieux allongé suivant une droite, ce que traduit la valeur du coefficient de corrélation $r_1 = 0,965$. Si l'on prend comme variable indépendante log L, la valeur moyenne de log P qui correspond à cette valeur log L en est très sensiblement une fonction linéaire. C'est ce que traduit la droite S du graphique. Nous reconnaissons là la traduction graphique

habituelle de la relation d'allométrie

$$P = bL^{\alpha}$$

apparaissant avec sa signification véritable, celle d'une droite de régression. Mais nous constatons qu'une régression linéaire entre P et L traduit aussi bien qu'elle les faits observés. Pareil résultat ne surprendra pas si l'on se souvient qu'en un tel problème biologique la liaison entre les grandeurs que l'on étudie n'est pas du type fonctionnel, mais que c'est une liaison de probabilité ou du type stochastique.

Si l'on construit pour *M. verrucosa* les droites v et V correspondant à s et S, on constate que V et S d'une part, v et s d'autre part, sont parallèles. Le parallélisme des droites V et S signifie que *les deux espèces ont même allométrie*. La constante d'allométrie α, pente commune de ces deux droites, est assez forte ($\alpha = 1{,}93$). Aussi le rapport de P à L est-il, dans les deux espèces, beaucoup plus élevé chez les grands individus que chez les petits : égal à 0,54 pour les *M. squinado* de 135^{mm}, il atteint 0,86 pour celles qui mesurent 230^{mm}, égal à 0,62 pour les *M. verrucosa* de 74^{mm}, il atteint 0,83 pour celles de 103^{mm}. L'identité des constantes d'allométrie et le parallélisme des droites s et v signifient, comme le montre un calcul élémentaire, que le rapport de P à L des *M. squinado* de taille moyenne, est égal au rapport correspondant pour les *M. verrucos* de taille moyenne, ou, autrement dit, que les *rapports caractéristiques des deux espèces* sont égaux. Leur valeur commune $\bar{b} = 0{,}74$ est celle qui s'observe chez les *M. squinado* de 180^{mm},5 et les *M. verrucosa* de 90^{mm}. Les points correspondants sur les diverses droites du graphique ont été signalés par des flèches.

Je ne commenterai pas ici le faits qui viennent d'être mis en évidence et me contenterai d'indiquer comment ils permettent de concevoir les relations biométriques existant entre les deux espèces de *Maia*.

Une *Maia squinado* peut avoir des proportions très différentes de celles d'une *M. verrucosa :* elle peut être trois fois plus grande qu'elle et avoir des pinces quatre fois plus longues, comme elle peut ne dépasser sa taille que d'un tiers tout en ayant des pinces plus petites que les siennes. Pour qu'apparaisse une relation entre les deux espèces il est nécessaire de comparer deux populations et d'établir une correspondance exactement définie entre les éléments de l'une et de l'autre. Les animaux moyens des deux espèces ont mêmes proportions et l'on retrouve des proportions identiques entre elles, mais différentes de celles que traduit le rapport caractéristique,

chez des individus présentant même écart relatif par rapport à la taille moyenne.

On peut dire au total, en attribuant bien entendu à cette traduction des faits une simple valeur symbolique, que l'espèce *M. verrucosa* est la réduction à l'échelle un demi de l'espèce *M. squinado*, chaque individu de la première correspondant à un individu de la seconde deux fois plus grand que lui.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *État physique de la globine et poids moléculaire de la méthémoglobine obtenue par combinaison de protohématine à la globine.* Note (1) de MM. **Jean Roche** et **René Combette**, présentée M. Gabriel Bertrand.

Les pigments sanguins des Mammifères et les méthémoglobines auxquelles ils donnent directement naissance existent en solution à l'état de monomère (2), de poids moléculaire égal à 66.000 (Adair, Svedberg). Par contre, les globines qui en proviennent forment, dans les mêmes conditions, des agrégats micellaires dont la taille croît avec la teneur en protéine du milieu [A. et J. Roche, G. S. et M. E. Adair(3)]. Or le mélange de solutions neutres de protohématine et d'une globine permet d'obtenir une méthomoglobine artificielle (Bertin-Sans et Moitessier). Nous avons recherché si l'état micellaire et le poids moléculaire de cette combinaison est identique à celui d'une méthémoglobine naturelle ou à celui d'une globine.

Des solutions de diverses globines, préparées par la méthode d'Anson et Mirsky, ont été additionnées de protohématine à pH=8. L'excès de pigment a été éliminé par une dialyse de quinze jours à 0° contre un mélange tampon de phosphates de pH=7,4 (Sörensen), opération au cours de laquelle la ferroporphyrine libre et la globine dénaturée présentes précipitent quantitativement, la méthémoglobine artificielle formée demeurant en solution. La pression osmotique et le poids moléculaire de celle-ci et de méthémoglobine naturelle, obtenue par action du ferri-

(1) Séance du 14 décembre 1936.

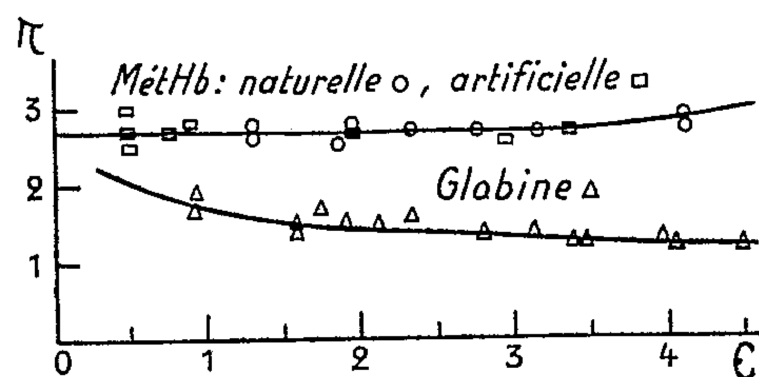
(2) G. S. Adair, *Proc. Roy. Soc.*, A, 108, 1931, p. 627-637.

(3) A. et J. Roche, G. S. et M. E. Adair, *Biochem. Jl*, 26, 1932, p. 1811-1828.

cyanure de potassium sur du pigment sanguin, ont été déterminés par la méthode d'Adair (*loc. cit.*). On trouvera dans le tableau ci-dessous — où C représente la concentration en protéine (gr. pour 100^{cm^3}), p la pression osmotique (mm.Hg), π le rapport : p/C et M le poids moléculaire ([1]) — quelques résultats de nos expériences.

	C.	*p*.	π.	M.
Méthémoglobine naturelle de :				
Bœuf	1,31	3,63	2,77	61.300
Bœuf	1,83	4,77	2,61	69.700
Cheval	2,31	6,34	2,74	64.200
Bœuf	2,74	7,55	2,75	65.200
Bœuf	3,12	8,38	2,69	68.500
Bœuf	4,10	11,40	2,78	65.600
M. artificielle avec globine de :				
Lapin	0,46	1,30	2,83	60.100
Lapin	0,48	1,22	2,54	71.400
Cheval	0,73	1,97	2,69	63.700
Bœuf	1,94	5,31	2,73	64.300
Cheval	2,87	7,38	2,56	73.200
Bœuf	3,35	9,08	2,71	68.200

Afin de comparer l'ensemble des données recueillies à celles obtenues



Variations de π en fonction de C dans des solutions de méthémoglobines naturelles ou artificielles (pH = 7,4) et de globine de Bœuf (pH = 7,7).

antérieurement sur la globine de Bœuf (*loc. cit.*, p. 1811-1828), nous avons joint à ce tableau la figure.

([1]) M a été calculé au moyen de la formule d'Adair (1), $M = \Phi \times 10RT/\pi$, dans laquelle $10RT = 170.330$, $\pi = p/C$ et $\Phi = \pi/\pi_0$ pour chaque valeur expérimentale de π, π_0 étant égal à π pour $C = 0$.

L'examen de ces documents suggère les conclusions suivantes :

1° Les méthémoglobines artificielles ou naturelles ont le même poids moléculaire (valeur moyenne très proche de 66.000 dans les deux cas). Les unes et les autres présentent, dans les conditions expérimentales où nous nous sommes placés, une valeur de π toujours voisine de π_0; la taille de leurs particules est donc pratiquement constante, tout au moins à des concentrations ne dépassant pas 5 pour 100. A ces divers égards, les méthémoglobines se distinguent des globines.

2° La combinaison de ces dernières à l'hématine décompose les agrégats existant dans leurs solutions et empêche la formation de ceux-ci. L'état physique des hémoglobines et leur poids moléculaire sont donc sous l'étroite dépendance du blocage par l'hématine des « groupements hémaffines » de leur constituant protéique.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *L'élimination urinaire du brome après ingestion de bromure de sodium.* Note (1) de Mlle **Camille Chatagnon**, présentée par M. Gabriel Bertrand.

Nous avons entrepris une étude systématique et rigoureuse du problème de l'élimination quantitative urinaire des bromures et des chlorures en utilisant pour les dosages la méthode de A. Damiens (2). Nos expériences portent sur une femme de 45 ans ayant un fonctionnement rénal normal et soumise à un régime alimentaire chloruré normal.

I. *Élimination d'une petite dose unique.* — Le 1er juin 1g de bromure de sodium est administré par voie buccale. Le rythme d'élimination urinaire peut être ainsi schématisé : le 1er juin la bromurie est de 3mg,8; le 2 juin de 15mg,8; le 3 juin de 41mg,4; le 4 juin de 158mg,5. Puis élimination par oscillations de 50 à 20mg durant 11 jours et de 20 à 9mg durant 16 jours. Retour à la normale le 2 juillet et jours suivants avec des taux de 2mg,88; 1mg,01; 1mg,06; 0mg,44, etc. L'élimination du brome s'est donc étendu sur 31 jours du 1er juin au 1er juillet.

(1) Séance du 28 décembre 1936.

(2) *Comptes rendus*, 171, 1920, p. 799, 930 et 1021; *Bull. Sc. Pharmacol.*, 27, 1920, p. 609; 28, 1921, p. 37, 85 et 205.

L'élimination chlorurée demeure normale durant le temps de l'élimination du bromure ingéré.

II. *Élimination de doses thérapeutiques répétées.* — Sur le même sujet, soumis au même régime alimentaire chloruré normal, 33g de BrNa sont administrés du 8 août au 21 août par dose quotidienne et progressive allant de 1mg à 4mg.

L'élimination urinaire du brome s'effectue ainsi : le premier jour (9 août), elle s'élève à 12mg,85 ; le deuxième jour, à 153mg,6 ; ascension brusque le troisième jour à 495mg ; puis oscillations de 500 à 1000mg durant 4 jours ; de 1000 à 1693mg durant 11 jours. Diminution de l'élimination de 1000 à 500mg durant 4 jours ; de 500 à 100mg pendant 12 jours ; enfin oscillations décroissantes jusqu'à l'élimination normale physiologique obtenue le 15 octobre, soit 55 jours après le dernier jour d'administration de BrNa. La durée totale de l'élimination urinaire s'étend du 8 août au 15 octobre, soit 69 jours.

Les oscillations du Cl urinaire sont comparables à celles observées en période de non élimination thérapeutique de brome.

Dans le sang, le taux du brome est d'emblée très grand, s'élevant jusqu'à 1000mg pour 1000cm³ de sang, le 22 août, pour baisser progressivement jusqu'à la normale atteinte le 1er octobre, étant ainsi en avance sur le taux physiologique urinaire qui n'est atteint que le 15 octobre (3mg,67). La courbe de la teneur en brome du sang est parallèle à celle de l'élimination urinaire du brome.

Le taux du chlore sanguin n'est pas modifié par la présence de grosses quantités de brome dans le sang.

La durée de l'élimination pour la deuxième expérience s'étale sur 69 jours, soit un peu plus du double de celle de l'expérience I ; mais, en considérant ce temps par rapport aux quantités respectives de brome ingéré, nous constatons que la durée de l'élimination de l'expérience II est en réalité environ 14 fois plus rapide que celle de l'expérience I. En somme nous devons conclure que l'organisme humain s'efforce de chasser aussi rapidement qu'il le peut le brome ingéré quoique la durée d'élimination soit longue. Au reste l'allure générale des deux courbes d'élimination urinaire (expérience I et II) demeure comparable.

Des faits semblables avaient déjà été signalés dès 1894 dans un Mémoire de M. Gabriel Bertrand sur le xylose, où nous lisons :

« L'allure générale de l'élimination tend à établir que le xylose est retenu

momentanément par quelque organe, l'abandonnant ensuite peu à peu. Si l'on songe, en effet, à la rapidité avec laquelle le xylose apparaît dans l'urine, on devrait le voir éliminé rapidement; il n'en est pas ainsi et l'urine en contient longtemps une proportion à peu près constante jusqu'à la fin de l'excrétion. »

Nos résultats sont d'accord avec les vues ainsi émises sur le xylose.

Nous rappelons également qu'en 1897 Flechsig et Laudenheimer (¹) ont démontré que le brome est retenu assez longtemps par l'organisme, mais en quantités qui varient pour chaque sujet.

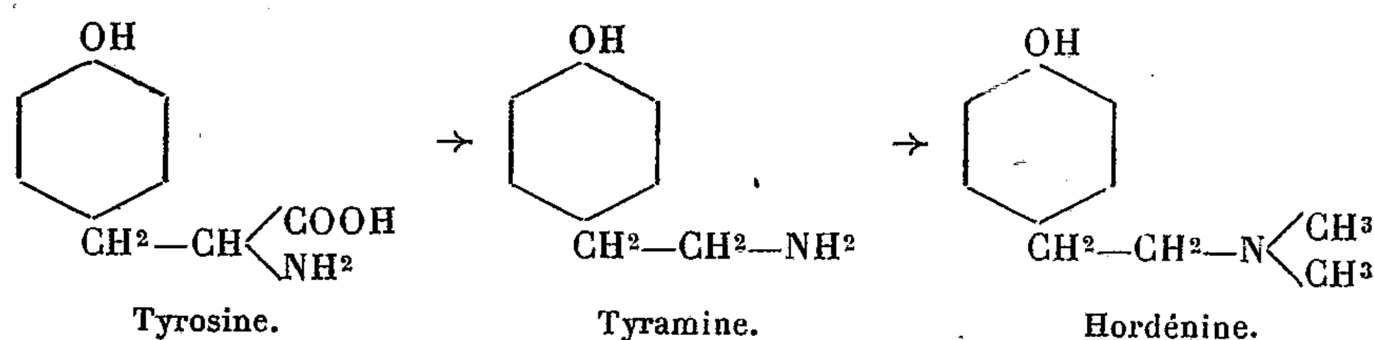
CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Nouvelle synthèse de l'hordénine.*

Note de M. **Yves Raoul**, présentée par M. Gabriel Bertrand.

Depuis qu'elle a été émise par A. Pictet, l'hypothèse de l'origine protidique des alcaloïdes a toujours été considérée comme des plus vraisemblables en raison de la parenté de constitution de certains d'entre eux avec des acides aminés naturels.

En particulier l'hordénine, alcaloïde des jeunes radicelles d'Orge (²) est très voisine de la tyrosine, puisqu'elle n'en diffère que par une décarboxylation et par une diméthylation à l'azote. Le corps intermédiaire, uniquement décarboxylé, n'est autre que la tyramine, base naturelle que l'on trouve dans l'Ergot.

La question s'est donc posée de savoir si, dans la nature, l'hordénine provenait effectivement de la tyrosine, c'est-à-dire si l'analogie de constitution résultait bien dans ce cas particulier de la filiation (³) :



(¹) *Centralblatt für innere Medizin*, 18, 1897, p. 627.

(²) L'hordénine existe également dans les radicelles d'*Hordeum murinum* L. et de *Panicum miliaceum* L. (Graminées) ainsi que dans l'*Anhalonium fissuratum* Engelm (Cactées).

(³) Yves Raoul, *Contribution à l'étude biochimique de l'hordénine*. Thèse Sciences, Paris, 1936.

Entre l'hypothèse et la recherche biochimique se présentait tout naturellement l'étude, en quelque sorte intermédiaire, des possibilités de la synthèse de l'hordénine, *in vitro*, par des méthodes offrant un maximum de probabilité biologique.

La synthèse que nous réalisons comporte deux temps : décarboxylation, méthylation,

1° *Décarboxylation de la tyrosine.* — La transformation de la tyrosine en tyramine par le *Bacterium coli* est assez aisée. Cette décarboxylation, ainsi que celles produites par les levures au cours de la fermentation alcoolique, sont attribuées à l'action d'une diastase, la *carboxylase*, qui n'a pas encore pu être isolée.

Pour cette raison, nous effectuons cette décarboxylation par une méthode déjà utilisée dans son principe par G. Bertrand (1). Celle-ci consiste à chauffer la tyrosine à +250°C. sous pression réduite, puis à rectifier la tyramine obtenue par sublimation dans le vide à +160-170°C. Le rendement atteint 50 pour 100 du rendement théorique.

2° *Méthylation de la tyramine obtenue.* — Nous employons dans ce but l'aldéhyde formique dont le rôle cyclisant a été mis en évidence par A. Pictet et Th. Spengler (2) et le rôle *méthylant* utilisé par K. Hess (3). La technique a été précisée à plusieurs reprises par M. Sommelet et ses collaborateurs (4).

C'est surtout le caractère biologique de l'aldéhyde formique, dont la présence est considérée comme inévitable en vue de l'élaboration des glucides dans la plante, qui nous a conduit à l'utiliser ici.

a. Méthylation à chaud. — On place dans un petit ballon $0^g,80$ de tyramine auxquels on ajoute successivement $1^{cm^3},1$ de solution d'aldéhyde formique à 40 pour 100 et $2^g,10$ à $2^g,15$ d'acide formique. Ces quantités sont calculées de manière à fournir à 1^{mol} d'amine : 1° les 2^{at} de carbone nécessaires à la formation des groupes méthyle sous forme de 2^{mol} d'aldéhyde formique et 2° un grand excès d'acide formique (8^{mol}) qui intervient comme hydrogénant.

(1) *Bull. Soc. chimique*, 3, 1908, p. 335 et *Annales Inst. Pasteur*, 22, 1908, p. 381.

(2) *Berichte d. chem. Ges.*, 44, 1911, p. 2030.

(3) *Berichte d. chem. Ges.*, 46, 1913, p. 3113 et 4104.

(4) *Thèses de Pharmacie* de L. Bourgeois (Paris, 1924), J. Mesrobian (Paris, 1932) et *Thèses de Sciences* de Jeantet (Paris, 1927) et Bardan (Paris, 1928).

On agite jusqu'à dissolution complète de la tyramine, puis on chauffe à reflux pendant 10 heures, au bain de glycérol, de manière à entretenir une ébullition tranquille. Après neutralisation et épuisement quantitatif par l'éther, on obtient $0^g,42$ d'hordénine représentant un rendement de 50 pour 100 environ.

b. Méthylation à froid. — La réaction précédente peut s'effectuer à froid, dans des conditions par conséquent plus proches des conditions naturelles.

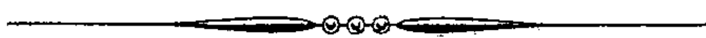
On abandonne, à la température ordinaire et en agitant de temps en temps, $0^g,25$ de tyramine additionnés des mêmes proportions d'aldéhyde et d'acide formique que dans l'expérience précédemment décrite. Après une semaine de contact, il est possible de déceler des traces d'hordénine et, après un mois, d'isoler $0^g,02$ de cet alcaloïde (rendement 16 pour 100).

Comme il était facile de le prévoir, la réaction est lente mais néanmoins possible. Ainsi, même à froid, l'aldéhyde formique peut jouer un rôle de de méthylant à l'azote et permet de réaliser *in vitro* la transformation de la tyramine en hordénine.

La formation de l'hordénine dans les tissus de la plante, à partir de la tyrosine et de la tyramine, prend donc, à la suite de la synthèse précédente, un caractère de grande probabilité que le seul rapprochement des formules des corps envisagés permettait déjà d'entrevoir.

La séance est levée à $15^h 30^m$.

A. Lx.



ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 11 JANVIER 1937.

PRÉSIDENCE DE M. EMMANUEL LECLAINCHE.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Président** souhaite la bienvenue à M. **Frederick Alexander Lindemann**, membre de la Société Royale, professeur de l'Université d'Oxford et à M. **Karl Menger**, professeur de l'Université de Vienne, qui assistent à la séance.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur l'action de l'acide cyanhydrique sur la méthyl-4-cyclohexanone et l'obtention des deux acides méthyl-4-cyclohexanol-1-carboniques-1-stéréoisomères.* Note (¹) de M. **Marcel Godchot** et Mlle **Germaine Cauquil**.

Après avoir déjà fait connaître les résultats obtenus par nous (²) en faisant agir l'acide cyanhydrique sur la méthyl-3-cyclohexanone active, nous nous proposons dans cette Note d'indiquer l'action de ce même acide sur la méthyl-4-cyclohexanone.

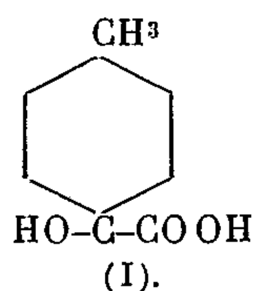
Si l'on fait agir à froid une solution saturée de cyanure de potassium sur la combinaison bisulfitique de la méthyl-4-cyclohexanone, on constate, après agitation, l'apparition d'une couche huileuse constituée par la cyanhydrine qui a pris naissance. Cette dernière, traitée à 100° par l'acide chlorhydrique concentré, fournit après traitement approprié l'acide méthyl-4-cyclohexane-ol-1-carbonique-1 brut, qui, par chauffage au bain-

---

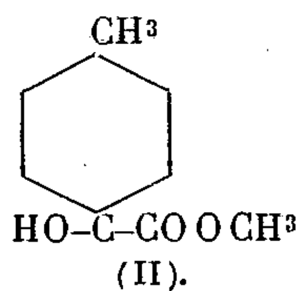
(¹) Séance du 4 janvier 1937.

(²) *Comptes rendus*, 203, 1936, p. 1042.

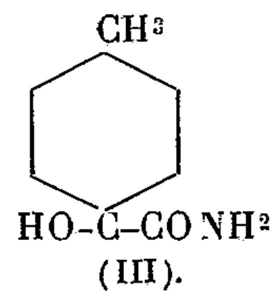
marie, avec son poids d'alcool méthylique et la moitié de son poids d'acide sulfurique concentré donne naissance à un seul ester méthylique (II) dont les constantes sont les suivantes :



(I).



(II).



(III).

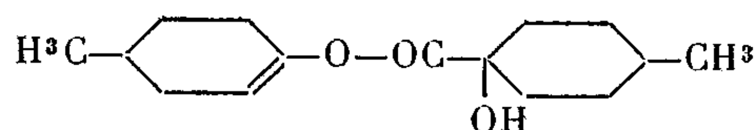
(Eb_{14} = 107°-108°; $d_{4°}^{18°}$ = 1,0544; $n_D^{18°}$ = 1,4594; R. M. trouvée : 44,63; calculée pour $C^9H^{16}O^3$: 44,74). Par l'action à froid d'une solution aqueuse d'ammoniaque sur cet ester, on obtient l'amide correspondante (III) qui, cristallisée dans le benzène, se présente sous forme de belles aiguilles fusibles à 131°-132° (N pour 100 trouvé : 8,94; calculé pour $C^8H^{15}O^2N$: 8,91). Par traitement à 100° de cet amide par l'acide sulfurique (d = 1,30), on obtient l'acide méthyl-4-cyclohexane-ol-1-carbonique-1 (I) qui, cristallisé dans le benzène, fond à 115° et est identique à celui déjà obtenu par Skita et Lévi (1) par action de l'acide nitreux sur l'acide méthyl-4-cyclohexane-amino-1-carbonique-1.

Lors du traitement du produit brut résultant de l'action du cyanure de potassium sur le méthyl-4-cyclohexanone, on isole en outre une substance solide, insoluble dans la soude diluée qui, cristallisée en belles aiguilles dans l'acétone, fond à 119°.

L'analyse élémentaire et la cryoscopie permettent d'attribuer à ce composé la formule brute $C^{15}H^{24}O^3$ (H °/₀ = 9,34; C °/₀ = 71,43. Calculé pour $C^{15}H^{24}O^3$: H °/₀ = 9,52; C °/₀ = 71,42. Cryoscopie dans le benzène : P. M. trouvé, 247; calculé pour $C^{15}H^{24}O^3$, 252). Si l'on maintient ce produit au contact d'une solution de potasse à 30 pour 100, à l'ébullition, on le scinde en méthyl-4-cyclohexanone (Eb_{760} = 160°; semicarbazone : P. F. 199°) et en un autre acide méthyl-4-cyclohexane-ol-1-carbonique-1, fusible après cristallisation dans le benzène à 82° (H °/₀ = 9,12; C °/₀ = 61,32. Calculé pour $C^8H^{14}O^3$: H °/₀ = 8,86; C °/₀ = 60,75) identique à celui déjà signalé par Aloy et Rabaud (2) et obtenu par eux en saponifiant le dérivé benzoylé engendré par action du chlorure de benzoyle en présence de cyanure de potassium sur le méthyl-4-cyclohexanone. Ces faits permettent

(1) *Berichte der deuts. Chem. Ges.*, 41, 1908, p. 2933.
(2) *Comptes rendus*, 156, 1913, p. 1549.

d'attribuer à ce corps (F. 119°) la constitution



résultant de l'union de 2^mol d'acide avec élimination d'eau et d'acide formique ($CO + OH^2$). Nous avons en outre préparé l'ester méthylique de l'acide (F. 82°), liquide bouillant à 105°-106° sous 15^mm ($d_4^{18} = 1,0563$; $N_D^{18} = 1,0563$; R. M. trouvée $= 44,60$; calculée pour $C^9H^{16}O^3 = 44,74$); l'amide correspondante est fusible à 157°.

En résumé, il résulte de ces recherches que les deux acides méthyl-4-cyclohexane-ol-1-carboniques-1, fusibles respectivement à 115° et à 82° et préparés par nous, sont identiques à ceux déjà connus et peuvent être regardés comme étant les deux acides alcools stéréoisomères prévus par la théorie, le carboxyle pouvant être en *cis* ou en *trans* par rapport au groupe méthyle, l'un de ces deux acides s'étant éthérifié plus facilement que l'autre au cours du traitement indiqué plus haut pour fournir $C^{15}H^{24}O^3$.

Signalons cependant que Henri Perkin [1] a décrit un autre acide méthyl-4-cyclohexane-ol-1-carbonique-1, fusible à 130°-132° et obtenu par lui par action de la potasse sur l'acide bromo-1-méthyl-4-cyclohexane-carbonique-1. Or la théorie ne peut admettre l'existence de trois stéréo-isomères; il est dès lors permis de se demander si ce chimiste a bien eu en mains un tel acide et non pas un de ses isomères chimiques.

CORRESPONDANCE.

M. le Secrétaire perpétuel signale parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° *Libro de oro* dedicado al Prof. Dr. Angel H. Roffo *en ocasion de sus bodas de plata con la Cancerologia*.

2° Jean Mercier. *Traité de Radioélectricité*. I. *Oscillateurs à haute fréquence. Physiologie des Postes Émetteurs Radiotélégraphiques et Radiotéléphoniques*.

3° Francis G. Benedict. *The Physiology of the Elephant*.

---

(1) *Journ. of the Chemical Society of London*, 89, 1906, p. 835.

4° Une Carte au 1/50000e de la *Martinique* dressée en 1930, sur l'ordre de M. le Gouverneur de l'Ile, par A. Meunier, Géographe au Ministère des Colonies.

5° *Contribution à l'étude de la Bionomie générale et de l'exploitation de la faune du Canal de Suez* (présenté par M. L. Bouvier).

CALCUL DES PROBABILITÉS. — *L'arithmétique des lois de probabilité.* Note de M. **Paul Lévy**.

1. Nous désignerons par la lettre $\mathcal{L}$ (avec ou sans indice) des lois de probabilité (à une variable), par L des produits (finis ou infinis) de lois indécomposables, par $\mathcal{L}'$ des lois indéfiniment divisibles, par $\mathcal{L}''$ des lois sans diviseurs indécomposables. On sait que toute loi $\mathcal{L}''$ est une loi $\mathcal{L}'$, mais la réciproque n'est pas vraie. D'après M. Khintchine, toute loi $\mathcal{L}$ est au moins d'une manière et quelquefois de plusieurs manières représentable par la forme $\mathrm{L}\mathcal{L}'$. D'après M. Raikoff il peut arriver qu'une loi $\mathcal{L}'$ soit à la fois une loi L et un produit de lois $\mathcal{L}''$.

Précisant le résultat de M. Khintchine, j'ai montré (dans un Mémoire en cours d'impression) que toute loi $\mathcal{L}$ peut être mise sous la forme $\mathrm{L}\mathcal{L}''$. On ne sait pas actuellement si cette représentation est toujours unique. Si $\mathcal{L}$ est un produit des lois $\mathcal{L}_n$ mises sous la forme $\mathrm{L}_n\mathcal{L}''_n$, l'exemple de M. Raikoff prouve qu'on n'obtient pas toujours pour $\mathcal{L}$ une représentation de la forme $\mathrm{L}\mathcal{L}''$ en écrivant

$$\mathcal{L} = (\Pi \mathrm{L}_n)(\Pi \mathcal{L}''_n).$$

Si même on peut démontrer l'unicité de la représentation de $\mathcal{L}$ par un produit de la forme $\mathrm{L}\mathcal{L}''$, il résulte du même exemple qu'un produit $\mathcal{L}''_1\mathcal{L}''_2$ n'est pas toujours une loi $\mathcal{L}''$.

La loi dont dépend une variable aléatoire bornée, et non constante, est toujours une loi L; sa fonction caractéristique est une fonction entière d'ordre 1, ayant une infinité de racines.

2. Théorème. — *Si le produit $\mathcal{L} = \mathcal{L}_1\mathcal{L}_2$ a pour fonction caractéristique une fonction entière, il en est de même de chaque facteur* (1).

(1) J'ai énoncé ce théorème, sans en développer la démonstration, dans un Livre qui doit paraître très prochainement : *Théorie de l'addition des variables aléatoires*, p. 100. Les résultats de MM. Khintchine et Raikoff, cités dans cette Note, m'ont été communiqués par M. Khintchine et sont, je crois, encore inédits.

Indiquons le principe de la démonstration. Précisons d'abord que la fonction caractéristique

$$(1)\qquad \varphi(z)=\int_{-\infty}^{+\infty} e^{izx}\,d\,\mathrm{F}(x),$$

$\mathrm{F}(x)$ étant la fonction de répartition, est toujours bien définie pour z réel, et que, s'il existe une fonction entière égale à $\varphi(z)$ pour z réel, cette fonction est toujours définie, pour z quelconque, par la formule (1). On a alors

$$(2)\qquad \varphi(z)=1-iz\int_{-\infty}^{0} e^{izx}\,\mathrm{F}(x)\,dx+iz\int_{0}^{\infty} e^{izx}[1-\mathrm{F}(x)]\,dx,$$

$$(3)\qquad \varphi_0(z)=\frac{\varphi(z)+\varphi(-z)}{2}=1-z\int_{0}^{\infty}\sin zx[\mathrm{F}(-x)+1-\mathrm{F}(x)]\,dx,$$

$$(4)\qquad \varphi_0(ir)-1=r\int_{0}^{\infty}\mathrm{sh}\,rx[\mathrm{F}(-x)+1-\mathrm{F}(x)]\,dx,$$

$$(5)\qquad \varphi_0(ir)\leqq \mathrm{M}(r)=\max|\varphi(re^{i\theta})|<2\varphi_0(ir).$$

Ces formules montrent d'une part que, *pour que $\varphi(z)$ soit une fonction entière il faut et il suffit que, quel que soit r, on ait*

$$e^{rx}[\mathrm{F}(-x)+1-\mathrm{F}(x)]\to 0\qquad (x\to\infty),$$

d'autre part que, *à un facteur près, compris entre* 1 *et* 2, *la fonction* $\mathrm{M}(r)$, *qui caractérise l'ordre de grandeur de la fonction entière* $\varphi(z)$, *peut être confondue avec* $\varphi_0(ir)$.

Revenons au théorème énoncé. On peut, sans restriction (car en ajoutant une constante à une variable aléatoire on ne change pas la nature analytique de sa fonction caractéristique, en ce sens que si elle est entière, elle reste entière), supposer que $\mathcal{L}_2$ a zéro pour valeur médiane; on a alors

$$(6)\qquad \mathrm{F}_1(-x)+1-\mathrm{F}_1(x)\leqq 2[\mathrm{F}(-x)+1-\mathrm{F}(x)],$$

formule qui, rapprochée de (4), donne la démonstration du théorème énoncé, et donne même un résultat très précis sur l'ordre des fonctions entières considérées; celui du produit donne une borne supérieure de l'ordre de chaque facteur.

Corollaire. — *Si le produit $\mathcal{L}=\mathcal{L}_1\mathcal{L}_2$ a pour fonction caractéristique une fonction entière sans racine, il en est de même de chaque facteur.*

Il semble probable que, si une loi a pour fonction caractéristique une fonction entière sans racine, elle est indéfiniment divisible. Si cela est exact, le corollaire précédent montre qu'une telle loi n'a pas d'autre

décomposition en facteurs que celles qui résultent de l'arithmétique des lois indéfiniment divisibles. En tout cas cette conséquence a été démontrée par M. Cramer pour le cas de la loi de Gauss et par M. Raikoff pour la loi de Poisson (pour ce dernier cas, M. Khintchine a indiqué une démonstration très simple, utilisant la fonction génératrice de Laplace).

3. Soit L une loi n'ayant qu'un nombre fini de valeurs possibles, entières et non négatives. Sa fonction génératrice est un polynome. Le problème de la décomposition de L en un produit de facteurs indécomposables se ramène à celui de la décomposition de ce polynome en facteurs réels à coefficients non négatifs.

Il semble probable que, si n est premier, le polynome

$$\frac{1}{n}(1+x+x^2+\ldots+x^{n-1})$$

n'admet aucune décomposition de cette forme. Si $n=p^\alpha q^\beta\ldots, p, q, \ldots$ étant des nombres premiers distincts, il admet en tout cas au moins autant de décompositions différentes qu'il y a de permutations différentes pour les $h=\alpha+\beta+\ldots$ facteurs premiers de n, soit $h!/(\alpha!\,b!\ldots)$. Ainsi, pour $n=6$, on a les deux décompositions

$$\frac{1}{6}(1+x)(1+x^2+x^4)=\frac{1}{6}(1+x^3)(1+x+x^2),$$

ce qui, en termes de variables aléatoires, s'exprime par

(0 ou 1) + (0 ou 2 ou 4) = (0 ou 3) + (0 ou 1 ou 2).

GÉOMÉTRIE. — *Sur les courbes gauches du troisième ordre.* Note de M. **Marc Courtand.**

Les courbes gauches du troisième ordre, en géométrie finie, présentent, comme l'a montré C. Juel ([1]), une grande analogie avec les courbes algébriques du troisième degré. L'objet de la présente Note est d'indiquer quelques propriétés nouvelles qui accentuent cette analogie et de donner des exemples nouveaux de ces courbes. J'appelle cubique gauche une courbe réelle, projectivement fermée, qui possède en tout point une tan-

([1]) *Mém. de l'Acad. Roy. d. Sc. et d. Let. d. Danemark, Sect. d. Sc.,* 7e série, I, n° 6, 1906, p. 315.

gente et un plan osculateur uniques et qu'un plan quelconque rencontre au plus en trois points.

I. *Une droite ne peut appartenir à plus de deux plans osculateurs à la courbe. Tout plan contenant la droite commune à deux tels plans coupe la courbe en un seul point.*

Si l'on prend pour point de vue le point commun à trois plans osculateurs, on peut choisir un plan de projection tel que la cubique plane obtenue comme perspective de la courbe gauche ne pénètre pas à l'intérieur du triangle formé par ses tangentes d'inflexion. Par le point de vue il passe une infinité de droites qui ne rencontrent pas la surface développable circonscrite à la courbe gauche et qui sont situées à l'intérieur de deux trièdres opposés par le sommet dont les faces sont dans les plans osculateurs. On déduit de là que :

La droite commune à deux plans osculateurs est bitangente à la développable. Les plans qui rencontrent la cubique en trois points ne contiennent pas de telle droite. Ceux qui la rencontrent en un point en contiennent une et une seule.

II. Une courbe plane qui possède un point double et rencontre en un seul point variable toute sécante issue de ce point est du troisième ordre si elle n'admet pas de tangente double. Il en résulte que :

Pour qu'une courbe gauche tracée sur un hyperboloïde réglé soit du troisième ordre, il faut et il suffit qu'elle vérifie les conditions suivantes :

1° *rencontrer chaque génératrice de l'un des systèmes en un point et chaque génératrice de l'autre système en 0 ou 2 points;*

2° *n'admettre aucun plan doublement tangent.*

Pour que la courbe commune à deux cônes du second ordre qui ont en commun une génératrice soit du troisième ordre, il faut et il suffit qu'elle n'admette aucun plan doublement tangent.

III. Exemples de cubiques gauches :

1. *Courbe algébrique.* — Soient H_1, H_2, H_3 trois hyperboloïdes réglés qui ont en commun une génératrice, E_1 et E_2 deux ellipsoïdes imaginaires. La surface d'équation

$$H_1 E_1 + \lambda H_2 E_2 = 0$$

rencontre l'hyperboloïde H_3 suivant une courbe du septième degré qui, pour une valeur suffisamment petite du paramètre λ est du troisième ordre.

2. *Courbe non algébrique.* — Soit un ovale Γ que rencontre en deux points au plus toute circonférence dont le centre est un de ses points O.

Par une rotation d'un angle $\omega \neq \pi$ autour de O, on en déduit un second ovale qui rencontre le premier en un seul point distinct de O. Deux cônes S et S' ont pour directrice Γ et pour sommets deux points quelconques sur la perpendiculaire au plan de Γ menée par O. Une rotation suffisamment petite du cône S' autour de la génératrice commune donne un cône qui a en commun avec S une cubique gauche.

3. *Courbe sur un cône du second degré.* — Si deux cônes du second ordre ont en commun une génératrice G et une courbe qui admet un plan bitangent, une section plane quelconque détermine sur ces cônes deux ovales passant par le point O situé sur G et qui possèdent la propriété suivante : Il existe deux couples de tangentes à ces ovales dont les points de contact sont alignés deux à deux sur le point O et dont les points d'intersection sont également alignés sur ce point. On déduit de là :

Pour que deux cônes, l'un du second ordre S, l'autre du second degré S', qui ont une génératrice commune, se coupent suivant une cubique gauche, il faut et il suffit que la conique C', trace du cône S' sur un plan quelconque qui rencontre en O la génératrice commune, ne soit tangente en O à aucune des coniques menées par ce point et bitangentes à l'ovale C, trace du cône S.

4. *Courbe sur un hyperboloïde réglé.* — Étant donné un point O sur un ovale C et un point P de son plan qui ne se trouve sur aucune conique menée par O et bitangente à l'ovale, enfin un point S extérieur au plan, tout hyperboloïde qui contient les droites SO, SP coupe le cône (S, C) suivant une cubique gauche.

GÉOMÉTRIE. — *Sur les corps de largeur constante de l'espace à trois dimensions.* Note de M. **Paul Vincensini**, présentée par M. Jacques Hadamard.

1. J'ai indiqué [1] un procédé de construction de toutes les figures convexes planes à frontière régulière, admettant pour domaine vectoriel une figure convexe limitée par une courbe régulière fermée et centrée arbitrairement donnée. Le procédé employé, basé uniquement sur la notion de *prolongement d'une série linéaire de corps convexes*, peut être étendu à l'espace à n dimensions; cependant, si l'on est sûr d'obtenir ainsi *tous* les corps

[1] *Comptes rendus*, 201, 1935, p. 761.

convexes admettant le domaine vectoriel voulu, une difficulté se présente lorsqu'on essaye de fixer la limite au delà de laquelle le prolongement de la série linéaire qui intervient dans la construction n'est plus possible.

J'indique ici les conditions précises d'extension de la construction à la détermination des corps convexes de largeur constante de l'espace à trois dimensions (admettant une sphère pour domaine vectoriel). Je montre aussi comment, dans un certain champ, on peut résoudre le problème de la détermination des surfaces fermées bornées admettant une courbure moyenne positive donnée.

2. Soient C et C′ deux corps convexes fermés et bornés, dont les frontières S, S′, à plan tangent continu, admettent, en chaque point, deux rayons de courbure principaux. Si H et H′ sont deux plans tangents à S et S′ (parallèles et également situés), et si λ est un nombre fixe, le plan H_λ, parallèle à H, H′, dont le rapport des distances à H′ et H est λ, enveloppe un corps fermé et borné C_λ de frontière S_λ.

Si $\lambda < 0$, C_λ est convexe, et l'ensemble des C_λ constitue la série linéaire de corps convexes (C, C′).

Pour $\lambda > 0$, C_λ peut être convexe ou non. D'une façon générale, si π, π', π_λ sont les produits des rayons de courbure principaux de S, S′, S_λ aux points de contact M, M′, M_λ des plans H, H′, H_λ, on a

$$(1) \qquad \pi_\lambda = \frac{1}{(1-\lambda)^2}[\pi\lambda^2 - \theta(\omega)\lambda + \pi'],$$

où $\theta(\omega)$ est une certaine fonction de l'image sphérique ω des points M, M′, M_λ. C_λ sera convexe si $\pi_\lambda > 0$ pour toutes les positions de ω sur la sphère unité. Le second membre de (1) s'interprète géométriquement. Si l'on définit un point P de MM′ par le rapport $\overline{PM'} : \overline{PM}$, les racines de l'équation en λ

$$A(\lambda) \equiv \pi\lambda^2 - \theta(\omega)\lambda + \pi' = 0$$

définissent, sur chaque droite MM′, *les deux foyers de la congruence* (MM′).

On démontre que les racines de $A(\alpha) = 0$ sont toujours *réelles et positives* quels que soient les corps *convexes* C, C′.

Soient λ_{1m}, λ_{2M} le minimum et le maximum de la plus petite et de la plus grande racine. Si $\lambda_{1m} < 1 < \lambda_{2M}$, on peut prolonger la série (C, C′) dans les deux sens : dans le sens C → C′ jusqu'au corps $C_{\lambda_{1M}}$ et dans le sens C′ → C jusqu'au corps $C_{\lambda_{2M}}$. Si $\lambda_{1m} > 1$ (ou $\lambda_{2M} < 1$), la série est indéfiniment prolongeable dans le sens C → C′ (ou C′ → C).

3. Si C′ est une sphère de rayon a, on peut mettre (1) sous la forme

$$\Pi_\lambda = \frac{1}{(1-\lambda)^2}[\rho'\rho''\lambda^2 - a(\rho'+\rho'')\lambda + a^2], \tag{2}$$

où ρ', ρ'' sont les rayons principaux de la frontière S de C. Les racines du trinome entre crochets sont $a:\rho'$, $a:\rho''$, et [C, C′] est indéfiniment prolongeable dans le sens C → C′ si, ρ' étant la plus grande racine, on a $a:\rho'_m > 1$, c'est-à-dire *si le rayon de courbure principal maximum de* S *est inférieur au rayon de* S′. Moyennant cette remarque, on peut construire des séries linéaires de corps convexes dont l'un des corps extrêmes est une sphère, indéfiniment prolongeables au delà de la sphère, et dès lors, la construction indiquée dans la Note rappelée donne les corps de l'espace à trois dimensions de largeur constante.

4. La formule (2) permet de répondre par l'affirmative, tout au moins si l'on s'en tient aux surfaces fermées bornées admettant, dans toute direction, deux plans tangents parallèles variant continuement, à la question suivante posée par M. Favard : une surface fermée bornée à courbure moyenne constante positive $1:a$ est-elle nécessairement convexe (et par suite sphérique)? Soit S une telle surface : adjoignons-lui la sphère S′ de rayon a et envisageons la surface S_λ définie par rapport à S, S′ comme au n° 2. Pour $\lambda = 2$, la formule (2) donne $\pi_2 = a^2$. S_2 est fermée et bornée comme S, S′ et sa courbure totale est constante. C'est donc une sphère. Deux des surfaces S_λ(S′ et S_2) étant des sphères, toutes le sont et *il en est ainsi en particulier pour* S.

GÉOMÉTRIE. — *Sur le* contingent *et le* paratingent *en un point d'une surface simple de Jordan.* Note de M. **André Marchaud**, présentée par M. Émile Borel.

1. Soit S un morceau de surface simple de Jordan : image biunivoque et bicontinue d'un disque circulaire plan σ. Considérons sur S un point fixe M_0 et deux points voisins M et M′. Lorsque M et M′ tendent vers M_0 la demi-droite MM′ (d'origine M) admet au moins une demi-droite d'accumulation M_0D. L'ensemble des demi-droites M_0D a été appelé par M. Georges Bouligand le *paratingent* ou le *contingent*, de S en M_0 suivant que M et M′ sont arbitraires ou bien que l'on impose à M de rester confondu avec M_0. Je désignerai ces ensembles par $\mathcal{P}(M_0)$ et $\mathcal{C}(M_0)$. Ils sont évidem-

ment fermés, de plus le premier contient le second. En fait, M. Georges Bouligand définit le paratingent au moyen des *droites* MM', ce qui revient au même car $\mathfrak{T}(M_0)$ est constitué par des couples de demi-droites opposées. Il est préférable de faire intervenir des demi-droites.

MM. Georges Bouligand ([1]) et Jean Mirguet ([2]) ont démontré successivement les propriétés suivantes : Si en un point M_0, non situé sur le bord, $\mathfrak{T}(M_0)$ ne renferme aucune droite intérieure, 1° $\mathcal{C}(M_0)$ est un plan (que l'on peut appeler le plan tangent), 2° $\mathfrak{T}(M_0)$ se réduit à $\mathcal{C}(M_0)$ (de là découle la continuité du plan tangent lorsque l'hypothèse est vérifiée partout). L'objet de la présente Note est de montrer que ces propriétés sont une conséquence évidente de résultats plus complets, qui s'obtiennent très simplement. Voici l'essentiel de ces résultats.

Si en un point M_0 *d'une surface simple de Jordan, non situé sur le bord,* $\mathfrak{T}(M_0)$ *ne remplit pas tout l'espace, il existe quatre demi-cônes (pleins) de sommet* M_0 *(dont les frontières sont des surfaces continues)* : p_1, p_2, c_1, c_2, *possédant les propriétés suivantes* : 1° p_1, *et* p_2 *sont convexes et opposés;* 2° c_1 *et* c_2 *ne se pénètrent pas et contiennent respectivement* p_1 *et* p_2*;* 3° $\mathfrak{T}(M_0)$ *est l'ensemble des demi-droites non intérieures à* p_1 *ou* p_2, $\mathcal{C}(M_0)$ *est celui des demi-droites non intérieures à* c_1 *ou* c_2.

p_1 et p_2 peuvent remplir chacun un demi-espace, $\mathfrak{T}(M_0)$ et $\mathcal{C}(M_0)$ se réduisent alors nécessairement au plan qui sépare ces demi-espaces. Ce cas est évidemment le seul où $\mathfrak{T}(M_0)$ n'a pas d'élément intérieur.

2. Pour établir cette proposition je ferai d'abord quelques remarques. Soient M_0z une demi-droite étrangère à $\mathfrak{T}(M_0)$, M_0x et M_0y deux axes formant avec M_0z un trièdre trirectangle. Considérons le morceau S', de S, correspondant à un cercle σ' intérieur à σ et centré sur l'image μ_0 de M_0. Il résulte de la définition de $\mathfrak{T}(M_0)$ que, pour σ' assez petit, S' se projette orthogonalement, sur $z=0$, d'une manière biunivoque et bicontinue et de plus que la *pente des cordes de* S' *est bornée*. La correspondance étant biunivoque et bicontinue, M_0 est intérieur à la projection de S'. Comme $\mathfrak{T}(M_0)$ et $\mathcal{C}(M_0)$ ne dépendent que du voisinage de M_0, on peut supposer que σ se réduit à un cercle, de $z=0$, centré en M_0, et que la correspondance entre σ et S se fait par parallèles à M_0z.

([1]) *Introduction à la Géométrie infinitésimale directe*, p. 167-171.

([2]) *Ann. Éc. Norm.*, 3e série, 51, 1934, p. 225-237. M. Jean Mirguet raisonne sur un « point courant d'une orthosurface », autrement dit sur un point intérieur d'une surface $z=f(x, y)$, à pentes bornées.

Ceci posé, soient A, A', B, B', quatre points de S, α, α', β, β', leurs projections. Désignons par a et b les pentes respectives des demi-droites AA' et BB', et supposons que l'angle de leurs projections soit moindre que π. Considérons alors les points M et M' de S dont les projections μ et μ' sont définies par relations vectorielles :

$$\overrightarrow{\alpha\mu} = t.\overrightarrow{\alpha\beta}, \qquad \overrightarrow{\alpha'\mu'} = t.\overrightarrow{\alpha'\beta'}, \qquad 0 \leqq t \leqq 1.$$

M et M' restent bien sur S car σ est convexe. Lorsque t varie de 0 à 1 la demi-droite $\mu\mu'$ tourne dans le même sens en décrivant un angle moindre que π, et $\mu\mu'$ ne s'annule pas. Il en résulte que la pente de la demi-droite MM' varie continuement de a à b. De là on déduit immédiatement les propriétés suivantes : *Si deux demi-droites d'un demi-plan d'arête* $M_0 z$ *appartiennent à* $\mathcal{T}(M_0)$ [*à* $\mathcal{C}(M_0)$], *il en est de même de l'angle qu'elles limitent.* Il suffit de choisir AA' et BB' de manière que ces demi-droites tendent respectivement vers les demi-droites données. Pour $\mathcal{C}(M_0)$ on prendra A et B confondus avec M_0.

Supposons B confondu avec A, et de plus que $\overrightarrow{\beta\beta'}$ se déduise de $\overrightarrow{\alpha\alpha'}$ par une rotation d'angle $\varphi(\varphi < \pi)$. Désignons par K le module maximum de la pente d'une corde de S. La différence des cotes de A' et B' est : $(b - a).\alpha\alpha'$. D'autre part $\alpha'\beta'$ est moindre que $|\varphi|.\alpha\alpha'$. On a donc : $|b - a| < K|\varphi|$. De là on déduit que *à toute demi-droite de* $\mathcal{T}(M_0)$ [*de* $\mathcal{C}(M_0)$] *d'angle polaire* θ *et de pente* m *correspond une demi-droite de* $\mathcal{T}(M_0)$ [*de* $\mathcal{C}(M_0)$] *d'angle polaire* $\theta + \varphi$ *et de pente* m' *tels que :* $|m' - m| < K.|\varphi|$, *quel que soit* $|\varphi| < \pi$.

3. La démonstration s'achèvera d'elle-même. Considérons par exemple $\mathcal{T}(M_0)$. La section de cet ensemble par un demi-plan d'arête $M_0 z$ et d'angle polaire θ est constituée par les demi-droites d'un angle dont les côtés ont pour pentes $p_1(\theta)$ et $p_2(\theta)$, avec $p_1 \leqq p_2$. La seconde des remarques faites au numéro précédent permet de conclure que les fonctions $p_1(\theta)$ et $p_2(\theta)$ satisfont à une même condition de Lipschitz : $|\Delta p| < K|\Delta\theta|$. L'existence des demi-cônes p_1 et p_2 est ainsi démontrée. Pour $\mathcal{C}(M_0)$ la démonstration est la même; on obtiendra deux fonctions $c_1(\theta)$ et $c_2(\theta)$ satisfaisant comme les précédentes à une même condition de Lipschitz et aux inégalités

$$p_1(\theta) \leqq c_1(\theta) \leqq c_2(\theta) \leqq p_2(\theta).$$

En définitive il reste à prouver que p_1 et p_2 sont convexes, car ils sont évidemment opposés. Il suffira de montrer que l'angle de deux demi-

droites $M_0 l_1$ et $M_0 l'_1$, intérieures à p_1 [défini par la fonction $p_1(\theta)$] appartient tout entier à p_1. Soient $M_0 l_2$ et $M_0 l'_2$ les demi-droites respectivement opposées aux précédentes, elles sont intérieures à p_2. Il y a dans l'angle $l_1 M_0 l'_1$, au voisinage de $M_0 l_1$ une demi-droite étrangère à $\mathfrak{T}(M_0)$ et qui, par suite, peut jouer le rôle de $M_0 z$. On voit alors que la section de $\mathfrak{T}(M_0)$ par le plan $l_1 M l'_1$ est contenue dans les angles $l_1 M_0 l'_2$ et $l'_1 M_0 l_2$. D'où il résulte que l'angle $l_1 M_0 l'_1$ ne contient aucune demi-droite de $\mathfrak{T}(M_0)$ ni de p_2. Il est donc tout entier dans p_1.

GÉOMÉTRIE. — *Sur les quadriques homofocales.*
Note de M. **Michel Ghermanescu**, présentée par M. Maurice d'Ocagne.

Il paraît intéressant de montrer comment la notion de moment d'inertie, utilisée par M. D. Wolkowitsch en vue de questions purement géométriques (1), rend quasi intuitives un certain nombre de propriétés des quadriques homofocales que j'ai publiées précédemment (2) à la suite de certains travaux de M. A. Myler (3); j'en donne ci-après quelques exemples caractéristiques :

Rappelons qu'une quadrique appartenant à une famille homofocale est l'enveloppe de plans P de moment d'inertie I_P constant, que les sphères concentriques à ces quadriques sont des lieux de points A dont le moment d'inertie polaire I_A est constant, enfin que les droites D, telles que I_D soit constant, appartiennent à un complexe de Painvin.

En outre, si A est un point du plan P, et D la normale en ce point, on a

$$I_A = I_P + I_D. \quad (1)$$

Considérons des plans P normaux à une direction fixe N, et tangents à des quadriques homofocales, que l'on associe à des sphères concentriques, de telle sorte que $I_A - I_P$ soit constant; les droites parallèles à N, menées par les points d'intersection d'une sphère avec le plan P, tangent à la quadrique associée, seront des droites pour lesquelles I_D sera constant; ces droites forment un cylindre de révolution, c'est *le cylindre du complexe de direction* N; et nous retrouvons ces énoncés :

(1) *Comptes rendus*, 203, 1936, p. 702.
(2) *Gazeta Matematica*, 26, 1920, p. 161.
(3) *Gazeta Matematica*, 25, 1919, p. 81.

I. *Le lieu des intersections des plans parallèles, tangents aux quadriques homofocales, avec les sphères concentriques associées est un cylindre de révolution.*

II. *Les génératrices de ce cylindre appartiennent à un complexe de Painvin.*

La relation (1) écrite $I_A - I_D = I_P$ montre que les droites du complexe de Painvin pour lesquelles I_D est constant jouissent de cette propriété : si par leurs points d'intersection avec des sphères concentriques (I_A constant), on mène les plans normaux à ces droites, on obtient des plans pour lesquels I_P est constant, c'est-à-dire tangents à une quadrique homofocale associée à la sphère. Cela nous conduit à cet énoncé :

III. *Le lieu des intersections des podaires des quadriques homofocales, relativement à un pôle* A *avec les sphères concentriques associées, est un cône du second degré (le cône du complexe de Painvin relatif au point* A).

GÉOMÉTRIE. — *Sur les polygones de Poncelet inscrits et circonscrits à deux coniques.* Note de M. **Louis Thibaudier**, présentée par M. Maurice d'Ocagne.

Cette Note a pour but de faire voir comment certaines considérations très simples de géométrie de l'espace conduisent de façon tout intuitive au célèbre théorème de Poncelet sur les polygones à la fois inscrits dans une conique et circonscrits à une autre.

La méthode consiste à considérer ces polygones comme la projection de polygones gauches tracés comme il suit : soit Σ la surface réglée définie par trois cercles dont deux égaux de centre O_1 et O_2 ayant même axe vertical $O_1 O_2$, le troisième de centre ω étant situé dans le plan horizontal équidistant des plans O_1 et O_2. Cette surface, qui est du sixième degré, admet les trois cercles comme ligne double et comme quatrième ligne double son intersection avec le plan de symétrie vertical $O_1 O_2 \omega$.

Par tout point d'une des lignes doubles passent deux génératrices et deux seulement. Une construction élémentaire met en évidence que ces génératrices se projettent horizontalement suivant les tangentes à une conique C ayant pour foyer le pied de l'axe $O_1 O_2$.

Traçons sur Σ la ligne brisée ou *lacet* ainsi formée. On part d'un point A_1 de O_1 et l'on considère sur l'une, G_1, des deux génératrices qui y passent, le segment $A_1 B_1$ compris entre O_1 et O_2. Puis, sur la génératrice G_2, autre

que G_1, qui passe en B_1 on considère le segment B_1A_2 compris entre O_2 et O_1, ... et ainsi de suite.

On obtient ainsi un polygone gauche dont les sommets A_i, B_i se succèdent alternativement sur les cercles O_1 et O_2. Supposons que ce *lacet* se ferme, c'est-à-dire que A_{n+1} déduit de B_n coïncide avec A_1 : il lui correspond en plan un polygone fermé circonscrit à C et inscrit dans le cercle γ projection commune de O_1 et O_2.

De ce lacet nous allons déduire une infinité de lacets fermés comme le premier, ce qui donnera le théorème de Poncelet pour les coniques C et γ.

Considérons à cet effet la surface S_1 engendrée par un cercle ayant son centre dans le plan de symétrie vertical $O_1O_2\omega$ et s'appuyant sur G_1 et sur une autre génératrice F de Σ. S_1 est du troisième degré et coupe Σ suivant une courbe du 18e ordre composée des trois cercles doubles, de F et de G_1 avec leurs symétriques par rapport au plan $O_1O_2\omega$, et enfin de deux génératrices G'_1 et G''_1 également symétriques par rapport à ce plan.

Faisons à G_1 correspondre G'_1 par exemple.

Puis considérons la surface S_2 définie par F et G_2 comme S_1 vient de l'être par F et G_1 : nous obtenons G'_2 rencontrant G'_1 sur O_2 comme G_1 y rencontre G_2, puis G'_3 rencontrant G'_2 sur O_1 comme G_3 y rencontre G_2 et ainsi de suite.

On trace ainsi, au moyen des surfaces S un second lacet; le premier étant fermé, G_{2n+1} se confond avec G_1, donc S_{2n+1} avec S_1, et le second lacet est fermé comme le premier.

La génératrice F étant arbitraire, il en est de même pour l'origine du deuxième lacet.

La démonstration ci-dessus ne concerne bien évidemment que les polygones d'un nombre pair de côtés.

Le cas du nombre impair se traite aussi facilement.

Il suffit en effet de considérer un lacet ouvert où le sommet B_n serait situé sur la verticale de A_1 ; à cause de la symétrie par rapport au plan du cercle ω, ceci revient à dire que G_{2n+1} et G_1 se rencontrent sur ce cercle.

Cette propriété se conserve, évidemment, sur tout lacet tracé à partir du premier par une suite de surfaces S.

Or tous ces lacets se projettent horizontalement suivant des polygones de $2n - 1$ côtés circonscrits à C et inscrits à γ.

Nous obtenons ainsi le théorème de Poncelet pour un cercle et une conique ayant son foyer au centre du cercle; mais une transformation homographique évidente permet de ramener à cette disposition la figure formée par l'ensemble de deux coniques quelconques.

GÉOMÉTRIE ALGÉBRIQUE. — *Sur les systèmes canoniques d'une variété algébrique*. Note de M. **Max Egeb**, présentée par M. Élie Cartan.

L'objet de la présente Note est de définir sur une variété algébrique, V_n, à n dimensions, des systèmes d'équivalence de variétés canoniques des différentes dimensions. Ces systèmes sont *invariants* de front aux transformations birationnelles *topologiques* (invariance *relative*), et généralisent pour les surfaces la série canonique ψ de Severi [1], pour les V_3 les systèmes ζ et $\mathfrak{Y}$ introduits par B. Segre [2] et pour une V_n quelconque le classique système canonique à $(n-1)$ dimensions.

1. Considérons sur une variété V_n (que l'on supposera privée de singularités, sauf mention contraire) $\lambda+1$ faisceaux d'hypersurfaces, en position générique les uns par rapport aux autres, obtenus en égalant à des constantes certaines fonctions $u_0, u_1, \ldots, u_\lambda$, du point de V_n. Dans ces hypothèses ces $\lambda+1$ faisceaux auront une *variété* à λ dimensions *de contact*, lieu du point de V_n où il existe un [3] $[n-\lambda]$ tangent commun à une surface de chaque faisceau passant par ce point (alors qu'en général les $\lambda+1$ hypersurfaces ont un $[n-\lambda-1]$ tangent commun seulement). Cette variété de contact sera désignée par l'écriture

$$\{u_0, u_1, \ldots, u_\lambda\}$$

Il est clair qu'elle est obtenue en annulant la matrice $\|\partial u_k/\partial t_j\|$ où les t_j $(j=1, 2, \ldots, n)$ sont des *variables uniformisantes* (*locales*) de V_n.

2. Dans le cas où V_n possède une *irrégularité superficielle* $q \geqq \lambda+1$, si l'on prend pour fonctions u_i $\lambda+1$ intégrales simples de première espèce de V_n, la variété de contact correspondante, $\{u_0, u_1, \ldots, u_\lambda\}$, manifestement algébrique, est appelée *variété canonique à* λ *dimensions* de V_n, et sera désignée

(1) *Comm. Math. Helvetici*, 4, 1932, p. 268.

(2) *Memorie d. Reale Acc. d'Italia*, 5, 1934, p. 479.

(3) Je désigne par $[k]$ un espace projectif à k dimensions.

par $K_\lambda(V_n)$ ou par K_λ^n. Bien entendu V_n est supposée telle que $\{u_0 u_1 \ldots u_\lambda\}$ soit effectivement à λ dimensions. Cela exclut par exemple les variétés V_n possédant un système ∞^{n-k}, d'indice 1, de variétés à k dimensions, car $n-k+1$ intégrales simples de première espèce sont toujours fonctionnellement dépendantes (1).

3. Les K_λ^n forment un système d'équivalence. Envisageons en effet $\lambda+2$ intégrales de première espèce : $u_0, \bar{u}_0, u_1, \ldots, u_\lambda$, et la variété de contact de ces faisceaux $\{u_0, \bar{u}_0, u_1, \ldots, u_\lambda\} = K_{\lambda+1}^n$. Sur cette $K_{\lambda+1}^n$ les variétés $\{u_0+\rho\bar{u}_0, u_1, \ldots, u_\lambda\}$ où ρ est un paramètre forment un faisceau linéaire, comprenant pour $\rho=0$ la variété $\{u_0, u_1, \ldots, u_\lambda\}$ et pour $\rho=\infty$ la variété $\{\bar{u}_0, u_1, \ldots, u_\lambda\}$. Il en résulte que deux K_λ^n quelconques sont équivalentes sur V_n, car on peut toujours trouver une chaîne de variétés de contact, ayant deux à deux λ faisceaux en commun, et réunissant les deux K_λ^n données.

4. On peut donner une autre démonstration moins rapide de ce fait, mais intéressante pour la suite, car la méthode qu'elle emploie s'applique à des cas autres que ceux relatifs à des intégrales de première espèce.

Considérons toujours la variété $K_{\lambda+1}^n = \{u_0, \bar{u}_0, u_1, \ldots, u_\lambda\}$, et formons sur $K_{\lambda+1}^n$ le déterminant fonctionnel

$$\delta = \frac{D(u_0, u_1, \ldots, u_\lambda)}{D(t_0, t_1, \ldots, t_\lambda)} : \frac{D(\bar{u}_0, u_1, \ldots, u_\lambda)}{D(t_0, t_1, \ldots, t_\lambda)} = \frac{D(u_0, u_1, \ldots, u_\lambda)}{D(\bar{u}_0, u_1, \ldots, u_\lambda)},$$

où les t_i sont des *variables uniformisantes* (*locales*) de $K_{\lambda+1}^n$. δ est une *fraction rationnelle du point de* $K_{\lambda+1}^n$. Cherchons-en les variétés des zéros et des pôles. Le numérateur de δ représente, égalé à zéro, la variété de contact de $u_0, u_1, \ldots, u_\lambda$ sur $K_{\lambda+1}^n$, c'est-à-dire $\{u_0, u_1, \ldots, u_\lambda\}_{K_{\lambda+1}^n}$. Il est manifeste que cette variété comprend :

1° la variété $\{u_0, u_1, \ldots, u_\lambda\}$;

2° une variété, ψ, que l'on peut caractériser ainsi : en un point de ψ le $[n-\lambda-1]$, qui d'après la définition de $K_{\lambda+1}^n$ est tangent aux $u_0, \bar{u}_0, u_1, \ldots, u_\lambda$, contient *une droite* du $[\lambda+1]$ tangent à $K_{\lambda+1}^n$: ψ est donc le lieu des points où les $\lambda+2$ faisceaux u_j ont (sur $K_{\lambda+1}^n$) *une droite tangente commune*. Il suit que ψ a une *définition symétrique* par rapport aux $\lambda+2$ faisceaux, et que ψ appartient aussi aux zéros du dénominateur de δ.

---

(1) Cf. SEVERI, *Ann. di Matematica*, 3e série, 20, 1913, p. 201.

On n'a donc pas à se préoccuper de ψ pour la recherche des zéros et des pôles de δ, ce qui montre que les *variétés* $\{u_0 u_1 \ldots u_\lambda\}$ et $\{\overline{u_0}, u_1, \ldots, u_\lambda\}$ sont équivalentes.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur certains problèmes à la frontière pour une classe d'équations aux dérivées partielles d'ordre supérieur.* Note [1] de M. **Déméter Mangeron**.

1. M. A. Myller a étudié le premier les problèmes aux limites pour les équations différentielles linéaires ordinaires d'ordre quatrième au moyen des équations intégrales [2]. Je me propose d'étudier ici, en conservant le même point de vue, une classe d'équations aux dérivées totales au sens de M. M. Picone, d'ordre supérieur, en faisant l'extension de certains de mes résultats antérieurs [3] et en généralisant en même temps pour deux dimensions les résultats de M. Myller.

2. Je choisis comme modèle l'équation

$$\frac{\partial^8 u}{\partial x^4 \partial y^4} = f(x, y). \tag{1}$$

Je me propose de trouver une solution, si elle existe, qui satisfasse sur la frontière FR, d'un domaine rectangulaire $R\begin{pmatrix} a \leq x \leq c \\ b \leq y \leq d \end{pmatrix}$, des caractéristiques réelles quadruples de (1), aux conditions suivantes

$$u = 0 \quad \text{sur FR}, \qquad \left(\frac{\partial u}{\partial x}\right)_{x=a \text{ ou } x=c} = 0, \qquad \left(\frac{\partial u}{\partial y}\right)_{y=b \text{ ou } y=a} = 0. \tag{2}$$

La solution générale de l'équation (1) est

$$\begin{aligned} u(x, y) = \frac{1}{4}\int\int_{ab}^{xy} (x-\xi)^2(y-\eta)^2[\alpha(\xi)+\beta(\eta)]\,d\xi\,d\eta \\ + \int\int_{ab}^{xy} (x-\xi)(y-\eta)[\gamma(\xi)+\delta(\eta)]\,d\xi\,d\eta \\ + \int\int_{ab}^{xy} [\varepsilon(\xi)+\varkappa(\eta)]\,d\xi\,d\eta + \lambda(x) + \mu(y) \\ + \frac{1}{36}\int\int_{ab}^{xy} (x-\xi)^3(y-\eta)^3 f(\xi, \eta)\,d\xi\,d\eta. \end{aligned}$$

---

(1) Séance du 4 janvier 1937.

(2) *Bull. de la Soc. des Sciences de Bucarest*, 14, 1905, p. 38-48.

(3) *Giornale di Matematica*, 71, 1933, p. 89-139.

Les conditions (2) me conduisent pour les fonctions à déterminer $\alpha(x)$, $\beta(y)$, ..., aux systèmes assez intéressants d'équations intégrales non homogènes, satisfaisant aux conditions du théorème III de Fredholm ([1]).

On reçoit ainsi, comme on peut la vérifier, la solution unique du système différentiel (1) et (2)

$$(3)\qquad u(x, y) = \int_R G(x, y; \xi, \eta) f(\xi, \eta)\, d\xi\, d\eta,$$

où

$$(4)\quad 36(c-a)^3(d-b)^3 G(x, y; \xi, \eta)$$
$$= (c-x)^2(d-y)^2(\xi-a)^2(\eta-b)^2[(x-a)(2\xi-3c+a)+\xi-a]$$
$$\times[(y-b)(2\eta-3d+b)+\eta-b] \quad \text{pour } \xi \leqq x,\ \eta \leqq y;$$
$$= (c-x)^2(d-\eta)^2(\xi-a)^2(y-b)^2[(x-a)(2\xi-3c+a)+\xi-a]$$
$$\times[(\eta-b)(2y-3d+b)+y-b] \quad \text{pour } \xi \leqq x,\ \eta \geqq y;$$
$$= (c-\xi)^2(d-y)^2(x-a)^2(\eta-b)^2[(\xi-a)(2x-3c+a)+x-a]$$
$$\times[(y-b)(2\eta-3d+b)+\eta-b] \quad \text{pour } \xi \geqq x,\ \eta \leqq y;$$
$$= (c-\xi)^2(d-\eta)^2(x-a)^2(y-b)^2[(\xi-a)(2x-3c+a)+x-a]$$
$$\times[(\eta-b)(2y-3d+b)+y-b] \quad \text{pour } \xi \geqq x,\ \eta \geqq y.$$

L'équation

$$(5)\qquad \frac{\partial^8 u}{\partial x^4 \partial y^4} - \lambda A(x, y)\, u(x, y) = f(x, y),$$

avec les conditions (2) pour la fonction $u(x, y)$, peut être ainsi transformée en une équation intégrale avec le noyau symétrisable à droite puisque $G(x, y; \xi, \eta)$ est symétrique. On peut donc utilement appliquer ici des théorèmes classiques surtout si l'on observe certaines propriétés du noyau $G(x, y; \xi, \eta)$.

3. Pour un domaine carré avec les sommets opposés (0, 0), (1, 1) et (1, 0), (0, 1) respectivement la fonction (4) constitue, comme on peut le voir après des transformations presque immédiates, la généralisation aux deux dimensions pour la fonction (de Green) G^1 de M. Myller ([2]).

4. On peut étendre ces résultats aux équations de même ordre linéaires plus compliquées ou de même forme mais d'ordre plus élevé. On peut

---

([1]) Voir par exemple E. Hellinger et O. Toeplitz, *Integralgleichungen und Gleichungen mit unendlichvielen Unbekannten* (*Enc. d. Math. Wiss.*, II, C. 13, n° 10, p. 1377).

([2]) *Gewöhnliche Differentialgleichungen höherer Ordnung in ihrer Beziehung zu den Integralgleichungen*, p. 25; *Inaugural Dissertation*, p. 1-35, Göttingen, 1906.

employer la méthode de M. Picard avec des conditions généralisées de Lipschitz pour des équations de même type non linéaire et encore au cas de plus de deux variables indépendantes. D'autre part, on peut étudier, au moyen des équations intégrales, le cas d'un domaine D qui ne satisfait pas aux restrictions de cette Note ou considérer les autres conditions à la frontière. Je me propose de revenir sur ces sujets.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur la convergence d'un procédé variationnel d'approximation dans la théorie des plaques encastrées.* Note de MM. **Natan Aronszajn** et **Alexandre Weinstein**, présentée par M. Jacques Hadamard.

Considérons le spectre $\lambda_1^2, \lambda_2^2, \ldots$ $(\lambda_1^2 \leqq \lambda_2^2 \leqq \ldots)$ du problème des vibrations d'une plaque encastrée, c'est-à-dire le spectre de l'équation

$$(1) \qquad \Delta\Delta w - \lambda^2 w = 0$$

valable dans un domaine borné S, avec les conditions aux limites

$$(2) \qquad w = 0, \qquad \frac{dw}{dn_i} = 0$$

sur la frontière C de S. (Nous supposons satisfaites les conditions de régularité habituelles pour C; n_i désigne la normale intérieure.) On sait qu'on peut définir λ_n^2 comme suit :

Posons

$$\mathrm{H}(w) = \iint_S w^2\,dx\,dy, \qquad \mathrm{H}(w, v) = \iint_S wv\,dx\,dy \qquad \text{et} \qquad \mathrm{I}(w) = \mathrm{H}(\Delta w).$$

Soient φ_j, $1 \leqq j \leqq n-1$, des fonctions arbitraires de carrés sommables dans S.

Problème I_∞. — *Déterminer le minimum* $l_n^2(\varphi_1, \ldots, \varphi_{n-1})$ *de* $\mathrm{I}(w)/\mathrm{H}(w)$ *pour toutes les fonctions* w *possédant un laplacien de carré sommable, qui satisfont aux conditions suivantes :*

$$(3) \qquad w = 0; \qquad \frac{dw}{dn_i} = 0; \qquad \mathrm{H}(w, \varphi_j) = 0 \qquad \text{pour } j = 1, 2, \ldots, n-1.$$

Il est connu que le maximum de ce minimum l_n^2 quand les φ_j varient est égal à λ_n^2. *Pour la suite, il sera plus commode de désigner* λ_n^2 *par* μ_∞.

Il a été démontré récemment ([1]) qu'on obtient une suite de bornes inférieures pour λ_n^2 (n étant arbitraire, mais fixe) en modifiant le problème I_∞ de la façon suivante :

Soit $p_1, p_2, \ldots$ une suite arbitrairement choisie de fonctions, harmoniques dans S et de carrés sommables sur la frontière C. Remplaçons alors, dans le problème I_∞, la condition $dw/dn_i = 0$ par les m conditions

$$\int_C p_k \frac{dw}{dn_i} ds \equiv H(p_k, \Delta w) = 0 \quad pour \quad k = 1, 2, \ldots, m.$$

Nous désignerons le problème correspondant par I_m et son minimum par $\nu_m(\varphi_1, \ldots, \varphi_{n-1})$. Soit μ_m le maximum de ces minima. On aura alors

$$(5) \qquad \mu_1 \leqq \mu_2 \leqq \ldots \leqq \mu_\infty.$$

Rappelons que l'étude du problème I_m donne premièrement des inégalités générales ([2]), telles que $\lambda_n > \omega_n$ (où $\omega_1, \omega_2, \ldots$ désigne le spectre des vibrations d'une membrane pour le même domaine); deuxièmement, on obtient pour certains domaines (le carré, par exemple) des valeurs numériques remarquablement approchées des λ_n^2.

Ceci rappelé, nous nous proposons d'étudier les conditions dans lesquelles la suite des μ_m converge vers $\mu_\infty (= \lambda_n^2)$.

Théorème de convergence. — *Si la suite des fonctions harmoniques p_k est complète sur la frontière* C *de* S, *on aura* $\lim \mu_m = \mu_\infty$.

Commençons par signaler que, dans ce cas, la condition $dw/dn_i = 0$ est équivalente à l'ensemble des conditions $H(p_k, \Delta w) = 0$ pour $k = 1, 2, \ldots$. Transformons maintenant les problèmes en question. Posons $\Delta w = f$; on aura alors, en tenant compte de la condition $w = 0$ sur C,

$$w(x, y) = Gf \equiv \iint_S g(x, y, \xi, \eta) f(\xi, \eta) d\xi d\eta,$$

où g désigne la fonction de Green. Avec ces notations le problème I_m, $m = 1, 2, \ldots, \infty$, s'énoncera comme suit :

Problème I'_m. — *Trouver le maximum de la fonctionnelle* $M(f) = H(Gf)$ *pour toutes les fonctions f soumises aux conditions suivantes :*

$$(6) \qquad H(f) \leqq 1, \qquad H(\varphi_j, Gf) \equiv H(G\varphi_j, f) = 0 \quad pour \quad j = 1, \ldots, n-1,$$

$$(7) \qquad H(p_k, f) = 0 \quad pour \quad k = 1, 2, \ldots, m.$$

([1]) A. Weinstein, *Comptes rendus*, **202**, 1936, p. 1899.

([2]) A. Weinstein, *Congrès Int. Math.*, Oslo, 1936 (*sous presse*).

Désignons ce maximum par $r_m(\varphi_1, \ldots, \varphi_{n-1})$ et le minimum de r_m par ρ_m. On voit immédiatement que $\rho_m = 1/\mu_m$. Il s'agit de démontrer que pour un choix fixe des φ_j, on a

$$\lim r_m = r_\infty; \tag{8}$$

car alors on obtient immédiatement (en tenant compte des inégalités évidentes $r_1 \geqq r_2 \geqq \ldots \geqq r_\infty$, $\rho_m \leqq r_m$ et $\rho_1 \geqq \rho_2 \geqq \ldots \geqq \rho_\infty$) le résultat cherché : $\lim \rho_m = \rho_\infty$.

Pour démontrer (8), remarquons d'abord que Gf est un opérateur complètement continu dans l'espace de Hilbert des fonctions de carrés sommables dans S : par conséquent, il en est de même pour la fonctionnelle $M(f) = H(Gf)$. Soit, maintenant, f_m une solution du problème I'_m. La suite des f_m étant bornée dans l'espace de Hilbert considéré, on peut en extraire une suite f_{m_h} faiblement convergente vers une fonction f_∞. Chacune des conditions (6) ainsi que $H(p_k, f) = 0$ pour un k quelconque, se conserve par ce passage à la limite, donc la fonction f_∞ satisfait aux conditions du problème I'_∞. D'autre part, $M(f)$ étant complètement continue, on a $M(f_{m_h}) \to M(f_\infty)$, c'est-à-dire $r_{m_h} \to M(f_\infty)$ et, vu que $M(f_\infty) \leqq r_\infty$, on en déduit que $r_\infty \leqq \lim r_{m_h} = M(f_\infty) \leqq r_\infty$, ce qui suffit pour démontrer notre théorème.

Remarque. — La même démonstration est valable dans le cas des problèmes II_m et II_∞ que l'on déduit de I_m et I_∞ en y remplaçant dans l'énoncé $H(w)$ et $H(w, \varphi_j)$ par

$$D(w) = \iint (\text{grad}\, w)^2 \, dx\, dy \qquad \text{et} \qquad D(w, \varphi_j) = \iint \text{grad}\, w \, \text{grad}\, \varphi_j \, dx\, dy,$$

ce qui revient à remplacer dans I'_m la fonctionnelle $M(f) = H(Gf)$ par $N(f) = H(Gf, f)$, qui est également complètement continue. Rappelons que les problèmes II_m donnent des bornes inférieures des valeurs propres du problème du flambage d'une plaque encastrée ([1]).

MÉCANIQUE ANALYTIQUE. — *Sur les masses fluides hétérogènes en rotation.* Note de M. **Alex Gardedieu**, présentée par M. Ernest Esclangon.

Quand on étudie les problèmes relatifs aux masses fluides en rotation, on est amené, de par la structure même des équations, à adopter comme

([1]) A. Weinstein, *Comptes rendus*, 200, 1935, p. 107.

paramètre la vitesse angulaire. Cependant, si l'on désire envisager la question sous son aspect véritable, il convient, ainsi que l'ont fait remarquer Laplace et Liouville, de choisir comme paramètre le moment cinétique autour de l'axe de rotation. Nous nous proposons de faire ce travail dans le cas des masses fluides hétérogènes dont les surfaces d'égale densité sont des ellipsoïdes de révolution, en partant des résultats auxquels M. Véronnet est parvenu, par la discussion, à l'aide de la vitesse angulaire (¹). On sait d'ailleurs que les stratifications en surfaces ellipsoïdales de révolution ne sont jamais rigoureusement réalisées, ainsi que l'ont démontré successivement MM. Hamy, Volterra, Véronnet, Dive et Wavre.

Si l'on désigne par dI le moment d'inertie par rapport à l'axe de rotation Oz d'une couche ellipsoïdale infiniment mince et par ω_m la vitesse angulaire d'un parallèle situé sur l'ellipsoïde de demi-axes a_m, c_m, on a, pour le moment cinétique μ de la masse totale, par rapport à l'axe Oz,

$$\mu = \omega_m \int dI,$$

l'intégrale étant étendue à l'ensemble du fluide; cette formule, où ω_m est inconnue *a priori*, est obtenue par application du théorème de la moyenne. On trouve

$$\mu = \frac{8}{15}\pi\omega_m \int_0^{c_1} \rho(1+l^2)c^4\left(5+5l^2+4cl\frac{dl}{dc}\right)dc,$$

où l'on désigne par ρ, c, l respectivement la densité d'une couche, son demi petit axe et la quantité $(c^2-a^2):c^2$. Les éléments de la couche superficielle sont affectés de l'indice 1. Il suffit de remplacer dans cette formule ω_m par sa valeur et de discuter l'équation ainsi obtenue, en considérant comme données la masse du fluide et la loi des densités.

Ellipsoïdes homothétiques. — Ils correspondent à l'hypothèse $l=$ const. En remplaçant ω_m^2 par sa valeur et en posant $k=3/8\pi\sqrt{2\pi f}$, on trouve aisément l'équation

$$k^2\mu^2 = (1+l^2)^4\left(\int_0^{c_1}\rho c^4\, dc\right)^2\left(\int_0^{c_m} - \rho' z\, dc + y\rho_m\right),$$

où y et z sont des fonctions de l étudiées par M. Véronnet (²). Les condi-

(¹) A. Véronnet, *Rotation de l'ellipsoïde hétérogène et figure exacte de la Terre* (*Thèse*, Paris, 1912).

(²) A. Véronnet, *Thèse*, p. 21-24.

tions

$$0 \leqq z \leqq y, \qquad 0 \leqq c_m \leqq c_1$$

permettent de montrer que, pour un l donné, le maximum de μ^2, atteint pour $c_m = 0$, est donné par la formule

$$k^2 \mu_1^2 = (1 + l^2)^4 \left(\int_0^{c_1} \rho c^4 \, dc \right)^2 y \rho_0,$$

où ρ_0 désigne la densité au centre de la masse, et que le minimum de μ^2, atteint pour $c_m = c_1$, est compris entre μ_1^2 et μ_2^2 défini par la relation

$$k^2 \mu_2^2 = (1 + l^2)^4 \left(\int_0^{c_1} \rho c^4 \, dc \right)^2 y \rho_1.$$

D'autre part, si l'on fait varier l de 0 à ∞, μ_1^2 et μ_2^2 croissent tous deux de 0 à ∞.

A un nombre μ donné correspondent, par conséquent, une infinité de valeurs de l; il y a donc une infinité d'ellipsoïdes d'équilibre. Si $\mu = 0$, on a la solution unique $l = 0$, correspondant au cas des sphères concentriques. Si l'on introduit l'hypothèse d'une densité constante, on retrouve les formules classiques de l'ellipsoïde de Mac Laurin.

Ellipsoïdes homofocaux. — Ils correspondent à l'hypothèse $cl = d = \text{const.}$ On trouve, cette fois,

$$25 k^2 \mu^2 = \left[\int_0^{c_1} \rho c^4 (1 + l^2)(5 + l^2) \, dc \right]^2 \times \left[y(l_m) \int_0^{c_m} - \rho' \frac{V}{V_m} dc + \int_{c_m}^{c_1} - \rho' \frac{V}{V_m} z(l_m, l) \, dc + \rho_1 \frac{V_1}{V_m} z(l_m, l_1) \right],$$

en désignant par V le volume de l'ellipsoïde de demi petit axe c et en posant

$$z(l_m, l) = \frac{3 + l_m^2}{l_m^3} \operatorname{arc\,tang} l - \frac{l}{1 + l^2} \cdot \frac{1 + l_m^2}{l_m^3} - \frac{2l}{l_m^3}.$$

Les conditions

$$z(l_m, l_1) \leqq z(l_m, l) \leqq y(l_m) \qquad \text{et} \qquad 0 \leqq c_m \leqq c_1,$$

permettent de montrer que, pour un l_1 donné, le maximum de μ^2, atteint pour $c_m = 0$, est compris entre μ_3^2 et μ_4^2 définis par les formules

$$\mu_3^2 = \frac{3M}{4\pi d^3 k^2} \left[\int_0^{c_1} \rho c^4 (1 + l^2)(5 + l^2) \, dc \right]^2 \frac{\pi}{2},$$

$$\mu_4^2 = \frac{3M}{4\pi d^3 k^2} \left[\int_0^{c_1} \rho c^4 (1 + l^2)(5 + l^2) \, dc \right]^2 \left(\operatorname{arc\,tang} l_1 - \frac{l_1}{1 + l_1^2} \right),$$

où M désigne la masse du fluide, et que le minimum de μ^2, atteint pour $c_m = c_1$, est égal à μ_5^2 si l'on pose

$$\mu_5^2 = \frac{3M}{4\pi d^3 k^2} \left[\int_0^{c_1} \rho c^4 (1 + l^2)(5 + l^2)\, dc \right]^2 y(l_1).$$

D'autre part, si l'on fait varier l_1 de o à ∞, μ_3^2 croît d'une valeur positive déterminée jusqu'à l'infini, μ_4^2 et μ_5^2 croissent constamment de o à ∞.

A un nombre donné μ correspondent, par conséquent, une infinité de valeurs de l_1. Il y a donc une infinité d'ellipsoïdes d'équilibre. Si $\mu = 0$, on a la solution unique $l_1 = 0$, correspondant à la sphère. Si l'on introduit l'hypothèse d'une densité constante, on retrouve les formules classiques de l'ellipsoïde de MacLaurin.

MÉCANIQUE DES FLUIDES. — *Sur les oscillations de rotation d'un cylindre illimité rempli d'un liquide visqueux.* Note (1) de M. **Nicolas Slioskine**, présentée par M. Henri Villat.

La méthode dont nous avons parlé (2) est applicable aussi au cas de la rotation d'un corps dans un vase immobile rempli d'un liquide visqueux sous condition seulement que le vase et le corps ont le même axe de révolution.

Cette méthode peut être étendue au cas où le moment d'un couple extérieur dépend d'une manière linéaire de l'angle de rotation et de la vitesse angulaire.

Examinons, par exemple, les oscillations d'un cylindre illimité contenant un liquide visqueux. Nous aurons sur l'unité de longueur de ce cylindre un couple de moment

$$(1) \qquad N(t, \varphi, \Omega) = C + A \cos mt - \alpha\varphi - \beta\Omega,$$

où C, A, α et β sont des constantes positives, m est la fréquence de la force perturbatrice, φ un angle de rotation. Il est aisé de vérifier que dans (1) on peut remplacer φ et Ω par les expressions suivantes :

$$\varphi = \varphi_0 + \Omega(0)t + \int_0^t \Omega'(x)(t - x)\, dx,$$

$$(2) \qquad \Omega = \Omega(0) + \int_0^t \Omega'(x)\, dx.$$

(1) Séance du 4 janvier 1937.

(2) *Comptes rendus*, 203, 1936, p. 508-511.

Comme il est bien connu, la solution du problème de la rotation du cylindre considéré tournant avec une vitesse angulaire égale à 1 et des conditions initiales nulles, peut être exprimé sous la forme

$$(3)\qquad U_1(r,\,t) = r + 2\sum_{k=1}^{\infty} \frac{\mathcal{J}_1(\lambda_k r)}{\lambda_k \mathcal{J}'_1(\lambda_k a)} e^{-\nu\lambda_k^2 t},$$

où la sommation se fait par rapport aux racines positives de l'équation

$$\mathcal{J}_1(a\lambda_k) = 0.$$

Alors, comme il est indiqué dans notre Note (*loc. cit.*), l'accélération angulaire du cylindre sera déterminée par l'équation linéaire de Volterra

$$(4)\qquad \Omega'(t) = f(t) - \int_0^t \Omega'(x)\,K(t-x)\,dx,$$

où

$$(5)\qquad f(t) = \frac{1}{\mathcal{J}}\left[C - \alpha\varphi_0 - \beta\,\Omega(0) - \alpha\,\Omega(0)\,t + A\cos mt - 4\pi\mu a^2\Omega(0)\sum_{k=1}^{\infty} e^{-\nu\lambda_k^2 t}\right],$$

$$(6)\qquad K(t-x) = \frac{1}{\mathcal{J}}\left[\beta + \alpha(t-x) + 4\pi\mu u^2 \sum_{k=1}^{\infty} e^{-\nu\lambda_k^2(t-x)}\right].$$

(Pour simplifier supposons le liquide immobile pour $t = 0$.)

Nous avons

$$(7)\qquad F(S) = \int_0^{\infty} e^{-St} f(t)\,dt = \frac{1}{\mathcal{J}}\left[\frac{C - \alpha\varphi_0 - \beta\,\Omega(0)}{S} - \frac{\alpha\,\Omega(0)}{S^2} + \frac{AS}{S^2 + m^2} - 4\pi\mu a^2\,\Omega(0)\sum_{k=1}^{\infty}\frac{1}{S + \nu\lambda_k^2}\right],$$

$$(8)\qquad L(S) = \int_0^{\infty} e^{-S\tau} k(\tau)\,d\tau = \frac{1}{\mathcal{J}}\left[\frac{\beta}{S} + \frac{\alpha}{S^2} + 4\pi a^2\mu\sum_{k=1}^{\infty}\frac{1}{S + \nu\lambda_k^2}\right],$$

$$(9)\qquad \Omega'(t) = \frac{1}{2\pi i}\int_{\sigma - i\infty}^{\sigma + i\infty} e^{tS}\,\frac{F(S)}{1 + L(S)}\,dS.$$

Les pôles de la fonction

$$\frac{F(S)}{1 + L(S)}$$

sont $S = \pm mi$ et les racines de l'équation

$$(10)\qquad \mathcal{J} + \frac{\beta}{S} + \frac{\alpha}{S^2} + 4\pi\mu a^2\sum_{k=1}^{\infty}\frac{1}{S + \nu\lambda_k^2} = 0.$$

Il est aisé de voir que les racines réelles de l'équation (10) et les termes réels des racines complexes sont négatifs. Si $S = d + i\delta$ est une racine complexe, on peut obtenir l'inégalité suivante

$$2\frac{\alpha}{\beta} > \frac{d^2 + \delta^2}{|d|}.$$

Cette inégalité montre que l'équation (10) a un nombre limité de racines complexes. Pour montrer qu'on ne peut y avoir plus de deux racines complexes de (10) il faut se servir d'un développement

$$\frac{\mathfrak{J}'_1(x)}{x\mathfrak{J}_1(x)} = \frac{1}{x^2} + 2\sum_{k=1}^{\infty}\frac{1}{x^2 - x_k^2}, \qquad \mathfrak{J}_1(x_k) = 0.$$

Posons

$$x^2 = -\frac{a^2 S}{\nu}, \qquad x_k = a\lambda_k,$$

alors

(11)
$$\sum_{k=1}^{\infty}\frac{1}{S + \nu\lambda_k^2} = \frac{a^2}{\nu}\left(\frac{1}{2x^2} - \frac{\mathfrak{J}'_1(x)}{2x\mathfrak{J}_1(x)}\right)$$

et l'équation (10) se transforme en équation

(12)
$$\mathfrak{J}_1(x)[\nu^2\mathfrak{J}x^4 + a^2\nu(2\pi\mu a^2 - \beta)x^2 + \alpha a^4] - 2\pi\nu\mu a^2 x^3 \mathfrak{J}'_1(x) = 0.$$

Si l'on représente $F(s)/[1 + L(s)]$ sous la forme d'un rapport entre deux fonctions entières et qu'on le développe en fractions simples, on peut obtenir pour l'accélération angulaire l'expression

$$\Omega'(t) = -4\pi\mu\nu^3 a^2 \sum_{k=1}^{\infty} e^{-\nu\left(\frac{x_k}{a}\right)^2 t} \frac{\mathfrak{J}\nu\Omega(0)x_k^8 - (Ca^2 - \alpha\varphi_0 a^2)x_k^6 - \dfrac{A\nu^2 a^2 x_k^{10}}{\nu^2 x_k^2 + m^2 a^4}}{(\mathfrak{J}\nu^2 x_k^4 - \beta\nu a^2 x_k^2 + da^4)^2 + 4a^2\mu\pi\nu^2(a^2\mu\pi + 2\mathfrak{J}\nu)x_k^6 - 4\beta\pi\mu\nu^2 a^6 x_k^4}$$

$$+ \text{Partie réelle}\left[Ae^{imt}\frac{\mathfrak{J}}{\mathfrak{J} - \dfrac{\beta_i}{m} - \dfrac{\alpha}{m^2} + 4\pi\mu a^2\displaystyle\sum_{k=1}^{\infty}\frac{1}{im + \nu\lambda_k^2}}\right],$$

où x_k est une racine de l'équation (12).

MÉCANIQUE DES FLUIDES. — *Mesure de la circulation le long des diverses sections d'une aile.* Note (¹) de M. **Jacques Valensi**, présentée par M. Henri Villat.

Les nouvelles méthodes de mesure de circulation dans le champ aérodynamique d'une aile d'avion, que nous avions indiquées et appliquées dans de précédentes Notes (²) méritaient d'être recoupées. L'étude de MM. Fage et Simmons (³) sur la répartition des vitesses en grandeur et direction dans le champ d'une aile rectangulaire d'allongement 6 et de profil R. A. F. 6*a*, étude effectuée à l'aide de sondes à prises de pression et à fils chauds, nous offrait la possibilité de ce recoupement. De leurs mesures à l'incidence 6° (en veine fermée) correspondant à $100\,C_z = 73{,}6$, MM. Fages et Simmons ont déduit en particulier la valeur de la circulation le long de contours plans tracés sur une section transversale S de la veine, en aval de l'aile, à la distance 0,573 (en fraction de la corde) du bord de fuite; ce sont ces mesures que nous avons utilisées.

Nos mesures ont été effectuées dans la Soufflerie à veine ouverte de 3ᵐ du Ministère de l'Air sur une aile de 2ᵐ d'envergure, semblable à l'aile anglaise, (3 pieds pour l'aile anglaise) et à une vitesse d'essai de 15 m/s (50 pieds/sec pour les essais anglais).

i^0 géométrique....	7,35	4	6	9	11	12
$-\varpi_s$............	0,85	0,43	0,65	1,16	1,72	2,06
d_{mm}............	29	20	26	32	-	35
$100\,C_z$...........	73,6	50	64	85,3	-	104

La polaire de l'aile ayant été déterminée, nous avons effectué des mesures de diamètre du noyau du tourbillon marginal et de dépression dans l'axe du noyau à la distance 0,573, pour l'incidence 7°,35 correspondant à $100\,C_z = 73{,}6$ et des incidences voisines. Le tableau ci-dessus, où $-\varpi_s$ représente le quotient de la dépression dans l'axe du noyau par la pression génératrice de la vitesse, résume ces mesures.

Notre calcul donne pour le coefficient de circulation autour du tourbillon marginal à $i = 7°{,}35$:

$$\frac{\text{Circulation}}{\text{Vitesse d'essai} \times \text{corde de l'aile}} = 0{,}212.$$

(¹) Séance du 4 janvier 1937.

(²) *Comptes rendus*, 201, 1935, p. 940; 202, 1936, p. 113; 203, 1936, p. 489.

(³) *Phil. trans. Royal Society of London*, 225, 1925, p. 303-330.

La comparaison avec les mesures anglaises doit s'effectuer avec le coefficient trouvé par un contour rectangulaire ABCD, dans la section S, constitué comme l'indique la figure 1 : BD vertical, à la distance 0,1 (en fraction de la corde) du bout de l'aile, est d'après nos mesures tangent au noyau du tourbillon marginal et le laisse entièrement

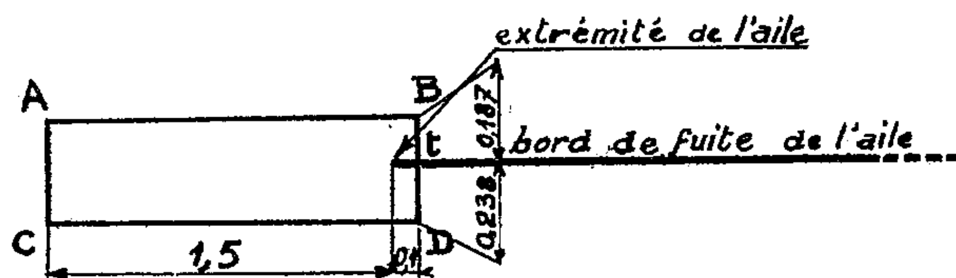


Fig. 1.

à sa gauche; BA, AC, CD encadrent largement le tourbillon marginal.

Le chiffre indiqué par les anglais est 0,206. La vérification est donc excellente.

La méthode des fumées permet également la mesure de la variation de la circulation le long de l'envergure de l'aile; elle permet en effet très aisément la mesure de l'orientation de la vitesse le long du bord de fuite immédiatement au-dessus et au-dessous de l'aile.

On constate que si, au voisinage de l'extrémité de l'aile, les vitesses en un point du bord de fuite sur l'extrados et sur l'intrados ne sont pas également inclinées sur la direction générale de la vitesse, du moins la demi-différence des angles d'inclinaison est toujours inférieure à 5°.

Or les mesures anémométriques montrent que ces vitesses sont très approximativement égales en valeur absolue à la vitesse générale du courant d'air.

Donc $d\Gamma/dx$ à la distance de l'extrémité de l'aile est pratiquement mesuré par $2V\sin\theta/2$, θ étant l'angle des vitesses sur le bord de fuite de part et d'autre de l'aile, ou plutôt l'angle de la projection de ces vitesses sur un plan contenant l'envergure de l'aile et parallèle à la vitesse générale.

L'application de ce qui précède à l'aile rectangulaire anglaise permet par intégration graphique la détermination de la variation de la circulation le long de l'envergure de l'aile. Pour la comparaison avec les mesures anglaises nous avons attribué à la section située à 0,1 corde de l'extrémité, le coefficient de circulation 0,212, et calculé ensuite la circulation de proche en proche d'après les mesures d'angle.

La confrontation avec les mesures anglaises effectuée dans le graphique ci-contre (*fig.* 2), donne encore une très bonne vérification.

Nous avons arrêté nos mesures à 1,05 corde de l'extrémité de l'aile, l'angle étant alors de l'ordre de 2°.

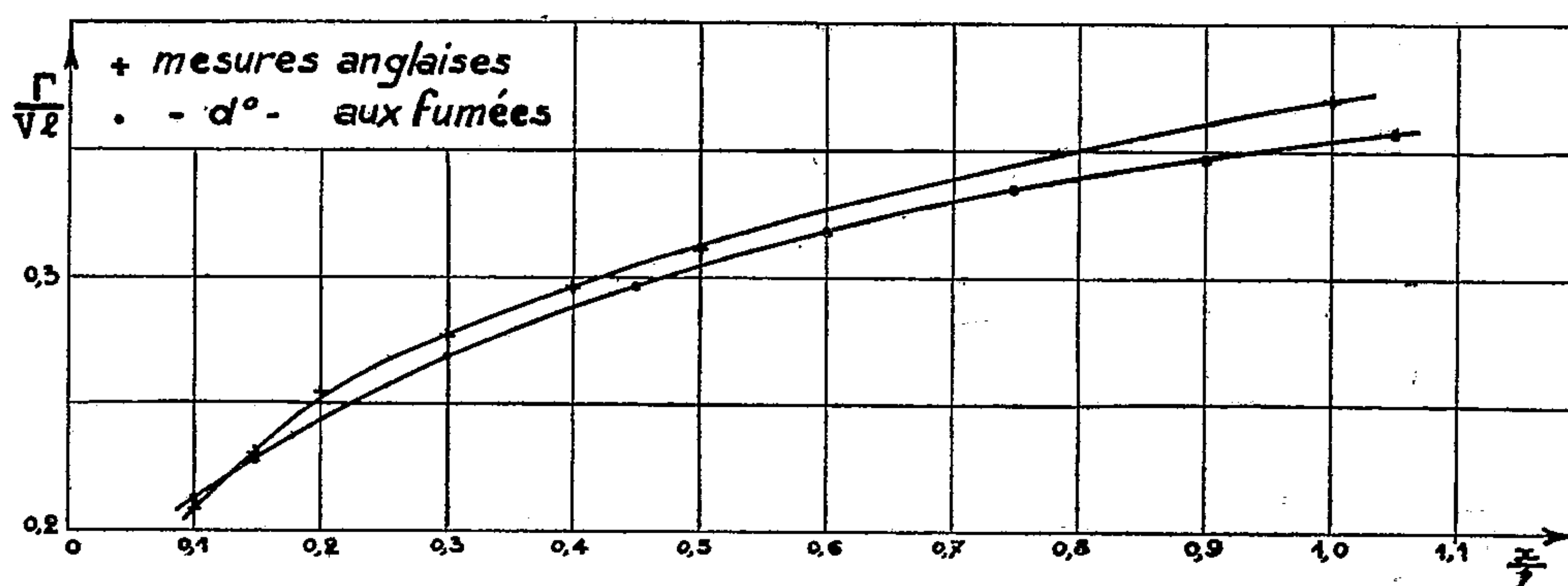


Fig. 2.

Ainsi la méthode des fumées permet *l'étude de la répartition de la circulation le long de l'envergure d'une aile*, et cette étude *très rapide* peut s'effectuer sur une maquette ordinaire.

MÉCANIQUE APPLIQUÉE. — *Sur la position de la ligne neutre dans les courroies homogènes.* Note (¹) de M. **René Swyngedauw**, présentée par M. Albert Caquot.

J'ai montré (²) que, lorsqu'une courroie monte sur une poulie, elle n'adhère à celle-ci (quand la charge est inférieure à une certaine valeur critique) qu'après avoir *glissé* sur un arc que j'ai appelé arc *critique*, compris entre la ligne de premier contact et un plan passant par l'axe de rotation de la poulie, que j'ai nommé azimut critique. J'ai appelé lamelle *neutre* celle qui passe du brin qui va s'enrouler à l'azimut critique sans changer de vitesse.

La détermination de cette ligne neutre est importante pour le calcul de la courroie; j'ai donné jadis une formule (³) d'après laquelle la ligne neutre des courroies homogènes est *toujours* à une distance de la poulie inférieure à la demi-épaisseur et toutes les courroies expérimentées jusque-là vérifiaient cette loi.

(¹) Séance du 4 janvier 1937.

(²) *Comptes rendus*, 183, 1926, p. 859.

(³) *Comptes rendus*, 186, 1928, p. 218.

Mais, récemment, j'ai constaté qu'une courroie homogène très adhérente contredit cette loi : sa lamelle neutre, déterminée soigneusement par la méthode stroboscopique ([1]), s'est montrée légèrement plus éloignée de la poulie que la demi-épaisseur. J'ai donc repris cette étude en admettant que le module d'élasticité croît avec l'allongement spécifique suivant une loi linéaire.

Si y_0 désigne la distance de la ligne neutre à la poulie de rayon R, une lamelle d'épaisseur dy éloignée de y de la poulie sur l'azimut critique et dont l'allongement spécifique est λ dans le brin avant l'abordage, prend sur l'azimut critique un allongement spécifique $\lambda' = \lambda + (y - y_0)/(R + y_0)$. La tension de cette lamelle, qui est $dt = l E \lambda\, dy$ dans le brin (l étant la largeur de la courroie, E le module d'élasticité) devient $dt' = l E' \lambda' dy$ sur l'azimut critique, λ' et E' étant les nouvelles valeurs de λ et E.

L'augmentation de tension subie par cette lamelle quand elle passe du brin sur la poulie dans l'azimut critique est

$$dt' - dt = l(E'\lambda' - E\lambda)\, dy,$$

et l'augmentation de tension que subit la courroie qui monte sur la poulie est

$$T' - T = \int_0^e l(E'\lambda' - E\lambda)\, dy,$$

e étant l'épaisseur de la courroie.

Or, si l'on pose $E = a + b\lambda$, $E' = a + b\lambda'$, $R' = R + y_0$, a et b étant des constantes,

$$E'\lambda' - E\lambda = (a + 2b\lambda)\frac{(y - y_0)}{R'} + b\frac{(y - y_0)^2}{R'^2},$$

$$\frac{(T' - T)}{\sigma} = (a + 2b\lambda)\frac{(e - 2y_0)}{2R'} + b\frac{(e^2 - 3ey_0 + 3y_0^2)}{3R'^2},$$

σ étant la section de la courroie.

Si l'on remarque d'une part que $T' - T = k(T - mV^2)$ (k étant ce que j'ai appelé le coefficient de renforcement de la tension dans l'abordage) ([2]); m, masse de l'unité de longueur de courroie; V, vitesse linéaire, que d'autre part, y_0 est très voisin de $e/2$ pour les courroies homogènes; on peut écrire, en désignant $T - mV^2/\sigma$ par t, et en remplaçant y_0 par $e/2$

([1]) *Bull. des Ing. civ. de Fr.*, 6, mai-juin 1929, p. 629.

([2]) *Comptes rendus*, 184, 1927, p. 252; *Bull. des Ing. civ. de Fr.*, 6, 1929, p. 629, et 3, 1931, p. 372.

dans le terme en b/R'^2,

(1) $$\frac{e}{2} - y_0 = \frac{R'\left(kt - \frac{be^2}{12R'^2}\right)}{a + 2b\lambda},$$

où $R' = R + e/2$.

La formule établie antérieurement (*loc. cit.*) pour E constant, c'est-à-dire $b = 0$ en est un cas particulier.

On peut donc énoncer la loi générale suivante :

Sur l'azimut critique, la distance à la poulie de la ligne neutre d'une courroie homogène est supérieure ou inférieure à la demi-épaisseur de la courroie, suivant le signe de $kt - be^2/12R'^2$; *cette distance dépend des valeurs respectives du renforcement de la tension, du module d'élasticité, du coefficient b de la variation de ce dernier avec l'extension et du rapport de l'épaisseur de la courroie au rayon de la poulie.*

Toutes les propriétés de la ligne neutre constatées par l'expérience trouvent ainsi une explication théorique satisfaisante.

GÉODÉSIE. — *Mesures de l'intensité de la pesanteur effectuées en Afrique du Nord durant l'année* 1936. Note de M. **Jean Lagrula**, présentée par M. Georges Perrier.

Le tableau ci-contre présente (¹) les résultats des mesures gravimétriques effectuées durant l'année 1936 au moyen du pendule Holweck-Lejay de l'Observatoire d'Alger. Les constantes de cet instrument ont été déterminées antérieurement; les contrôles exécutés en 1936, soit en campagne (Oran, Oujda), soit en France en fin d'année (Marseille, Lyon, Paris), ont confirmé leurs valeurs.

Néanmoins les résultats pourront être, par la suite, l'objet de légères rectifications, pour les raisons suivantes :

1° La courbe de température de l'appareil est connue avec une précision de plus en plus grande.

2° Il en est de même de la correction du gradient de température, que j'ai introduite cette année.

3° La correction topographique n'a pas été effectuée.

(¹) Les notations sont celles de l'Association internationale de Géodésie et du Comité national français de Géodésie et Géophysique.

Stations (40).	Latitudes nord.	Longitudes Greenwich.	Altitudes.	Densités.	g.	g_0.	g''_0.	γ_0.	$g_0-\gamma_0$.	$g''_0-\gamma_0$.	γ'_0.	$g_0-\gamma'_0$.	$g''_0-\gamma'_0$.
	° ′	° ′	m										
Aïn Kechera	36.45,0	6.26,1 E.	302	2,6	979,861	979,955	979,922	979,880	+75	+42	979,895	+60	+ 27
Constantine	36.21,8	6.37,1 E.	656	2,6	979,732	979,934	979,862	979,847	+87	+15	979,862	+72	0
O. Rhamoune	36.11,5	6.42,3 E.	697	2,6	979,672	979,887	979,811	979,832	+55	−21	979,847	+40	− 36
Timgad	35.29,3	6.28,4 E.	1055	2,6	979,518	979,843	979,728	979,771	+72	−43	979,787	+56	− 59
Batna	35.33,1	6.11,1 E.	1044	2,6	979,487	979,809	979,695	979,778	+31	−83	979,793	+16	− 98
El Kantara	35.14,4	5.42,1 E.	540	2,6	979,577	979,744	979,685	979,750	− 6	−65	979,766	−22	− 81
Biskra	34.51,5	5.43,8 E.	123	2,6	979,652	979,690	979,677	979,718	−28	−41	979,734	−44	− 57
Touggourt	33. 6,3	6. 4,2 E.	240	2,3	979,577	979,651	979,628	979,571	+80	+57	979,587	+64	+ 41
Guerrara	32.47,3	4.30,1 E.	330	2,3	979,465	979,567	979,525	979,545	+22	−10	979,561	+ 6	− 26
Ghardaïa	32.29,1	3.40,7 E	576	2,6	979,412	979,598	979,532	979,520	+78	+12	979,536	+62	− 4
Laghouat	33.48,4	2.52,9 E.	769	2,6	979,448	979,686	979,602	979,629	+57	−27	979,645	+41	− 43
Djelfa	34.40,6	3.15,3 E.	1150	2,6	979,411	979,766	979,640	979,702	+64	−62	979,718	+48	− 78
Boghar	35.54,9	2.43,0 E.	981	2,6	979,584	979,886	979,779	979,809	+77	−30	979,824	+62	− 45
Gouraya	36.34,3	1.54,3 E.	18	2,4	979,948	979,953	979,951	979,865	+88	+86	979,880	+73	+ 71
Dupleix	36.33,0	1.42,5 E.	41	2,4	979,939	979,951	979,947	979,863	+88	+84	979,878	+73	+ 69
Ténès	36.30,7	1.17,9 E.	55	2,5	979,930	979,947	979,941	979,860	+87	+81	979,875	+72	+ 66
Guelta	36.21,4	0.50,6 E.	30	2,4	979,926	979,935	979,932	979,847	+88	+85	979,862	+73	+ 70
Lapasset	36. 9,9	0.26,5 E.	157	2,4	979,872	979,920	979,904	979,830	+90	+74	979,845	+75	+ 59
Mostaganem	35.55,9	0. 5,2 E.	23	2,4	979,866	979,873	979,871	979,810	+63	+61	979,825	+48	+ 46
Nedroma	35. 0,6	1.44,6 W.	395	2,6	979,670	979,792	979,749	979,730	+62	+19	979,746	+46	+ 3
Nemours	35. 6,1	1.50,9 W.	4	2,5	979,779	979,780	979,780	979,738	+42	+42	979,754	+26	+ 26
Port-Say	35. 4,9	2.11,6 W.	2	2,5	979,780	979,781	979,781	979,735	+46	+46	979,751	+30	+ 30
Taourirt	34.25,5	2.53,0 W.	392	2,4	979,606	979,727	979,688	979,681	+46	+ 7	979,697	+30	− 9
Guercif	34.13,6	3.21,2 W.	362	2,5	979,596	979,708	979,670	979,664	+44	+ 6	979,680	+28	− 10
Outat el Hadj	33.20,7	3.40,6 W.	750	2,5	979,376	979,607	979,528	979,591	+16	−63	979,607	0	− 79
Missour	33. 1,9	4. 0,4 W.	850	2,5	979,315	979,578	979,489	979,565	+13	−76	979,581	− 3	− 92
Bou Denib	31.57,8	3.36,3 W.	950	2,5	979,239	979,532	979,432	979,478	+54	−46	979,494	+38	− 62
Béni Abbès	30. 8	2.12 W.	474	2,5	979,226	979,372	979,322	979,332	+40	−10	979,348	+24	− 26
Taghit	30.52	2. 3 W.	637	2,5	979,260	979,456	979,389	979,390	+66	− 1	979,406	+50	− 17
Colomb Béchar	31.37,0	2.12,6 W.	785	2,5	979,273	979,515	979,433	979,450	+65	−17	979,466	+49	− 33
Béni Ounif	32. 2,8	1.14,2 W.	825	2,5	979,276	979,532	979,445	979,485	+47	−40	979,501	+31	− 56
Aïn Ouarka	32.43,4	0.11,0 W.	1024	2,6	979,252	979,568	979,456	979,539	+29	−83	979,555	+13	− 99
Aïn Séfra	32.44,7	0.34,7 W.	1068	2,5	979,261	979,590	979,478	979,541	+49	−63	979,557	+33	− 79
Méchéria	33.32,6	0.16,6 W.	1159	2,6	979,321	979,679	979,552	979,607	+72	−55	979,623	+56	− 71
Géryville	33.41,0	1. 0,7 E.	1300	2,6	979,273	979,673	979,531	979,618	+55	−87	979,634	+39	−103
Saïda	34.49,9	0. 9,3 E.	844	2,6	979,505	979,766	979,674	979,715	+51	−41	979,731	+35	− 57
Tagremaret	35. 6,6	0.40,9 E.	666	2,6	979,586	979,791	979,718	979,739	+52	−21	979,755	+36	− 37
Tiaret	35.22,7	1.18,9 E.	1130	2,5	979,511	979,860	979,741	979,762	+98	−21	979,778	+82	− 37
Vialar	35.36,6	1.48,9 E.	887	2,5	979,541	979,815	979,722	979,782	+33	−60	979,797	+18	− 75
Téniet el Haad	35.52,2	2. 1,8 E.	1115	2,5	979,542	979,886	979,769	979,805	+81	−36	979,820	+66	− 51

Nota. — g, g_0, g''_0, γ_0, γ'_0 sont exprimés en gals; $g_0-\gamma_0$, $g''_0-\gamma_0$, $g_0-\gamma'_0$, $g''_0-\gamma'_0$ sont exprimés en milligals.

4° Certaines valeurs adoptées pour les altitudes et pour les densités devront être révisées.

Ces retouches ne sauraient modifier l'allure des courbes isanomales. La carte représentant les résultats des mesures faites jusqu'à maintenant est encore assez rudimentaire. Elle met cependant en évidence plusieurs singularités régionales qui vont être examinées par le Service de la Carte géologique de l'Algérie. Un phénomène est particulièrement digne de retenir l'attention des géologues : l'anomalie, négative dans l'intérieur des terres, ce qui est conforme aux théories actuelles de l'isostasie, passe par un minimum (de l'ordre de — 100 milligals) dans la région de l'Atlas Saharien. Au sud de cette chaîne, les anomalies ont une valeur absolue beaucoup plus faible (Taghit — 17, Béni-Abbès — 26, Ghardaïa — 4). Quant à l'anomalie positive de Touggourt (+41), son interprétation doit tenir compte de la proximité du Golfe de Gabès.

Le pendule, suspendu élastiquement pendant les transports, n'a pas souffert des vibrations dues aux *tôles ondulées*, ni des cahots parfois brutaux sur les pistes rocailleuses.

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *Linéarisation de la densité d'énergie et de la fonction d'action à l'aide de vecteurs complexes.* Note de Mme **Marie-Antoinette Tonnelat-Baudot**, présentée par M. Louis de Broglie.

Considérons les opérateurs définis par Born (¹) à partir de ceux de Dirac :

$$\begin{array}{lll}
\alpha = \alpha_0, & & \\
d_1 = \alpha_1, & d_2 = \alpha_2, & d_3 = \alpha_3, \\
b_1 = i\alpha_0\alpha_1, & b_2 = i\alpha_0\alpha_2, & b_3 = i\alpha_0\alpha_3, \\
s_1 = i\alpha_2\alpha_3, & s_2 = i\alpha_3\alpha_1, & s_3 = i\alpha_1\alpha_2, \\
\gamma = i\alpha_1\alpha_2\alpha_3, & & \\
\gamma_1 = i\alpha_0\alpha_2\alpha_3, & \gamma_2 = i\alpha_0\alpha_3\alpha_1, & \gamma_3 = i\alpha_0\alpha_1\alpha_2, \\
\Gamma = -\alpha_0\alpha_1\alpha_2\alpha_3, & &
\end{array}$$

A l'aide de ces quantités nous pouvons définir des opérateurs complexes :

$$\begin{array}{lll}
m_1 = b_1 + id_1, & m_2 = b_2 + id_2, & m_3 = b_3 + id_3; \\
m_1^* = b_1 - id_1, & m_2^* = b_2 - id_2, & m_3^* = b_3 - id_3.
\end{array}$$

(¹) *Proc. of the Camb. Phil. Soc.*, 32, 1936, p. 102.

Ils permettent d'exprimer linéairement la densité d'énergie en fonction des vecteurs complexes de Schrödinger :

$$\vec{\mathfrak{F}} = \vec{B} - i\vec{D}, \qquad \vec{\mathfrak{F}}^* = \vec{B} + i\vec{D},$$

$$\left(\vec{\mathfrak{F}} \times \vec{\mathfrak{F}}^*\right) = -2i\left(\vec{D} \times \vec{B}\right) = -2i\left(\vec{E} \times \vec{H}\right) = -2i\vec{S}.$$

Posons, en effet :

$$u = a + \frac{1}{2}\left[\vec{m}\vec{\mathfrak{F}} + \vec{m}^*\vec{\mathfrak{F}}^* + i\vec{s}\left(\vec{\mathfrak{F}} \times \vec{\mathfrak{F}}^*\right)\right].$$

Cette expression se ramène à celle de Born :

$$u = a + \vec{b}\vec{B} + \vec{d}\vec{D} + \vec{s}\,\vec{S}.$$

On peut établir un tableau de commutation pour a, m, m^* et s et former :

$$\frac{1}{2}\{u,\ a\} = 1 + \frac{i}{2}\vec{\gamma}\left(\vec{\mathfrak{F}} \times \vec{\mathfrak{F}}^*\right) \qquad \text{avec } \{xy\} = xy + yx,$$

$$\frac{1}{2}\left\{u,\ \frac{\vec{m}}{2}\right\} = \frac{1}{2}\left[\vec{\mathfrak{F}}^* + \left(i\vec{\gamma} \times \vec{\mathfrak{F}}^*\right) + \frac{\left(\vec{\Gamma} + i\vec{\gamma}\right)}{2}\, i\left(\vec{\mathfrak{F}} \times \vec{\mathfrak{F}}^*\right)\right],$$

$$\frac{1}{2}\left\{u,\ \frac{\vec{m}^*}{2}\right\} = \frac{1}{2}\left[\vec{\mathfrak{F}} - \left(i\vec{\gamma} \times \vec{\mathfrak{F}}^*\right) + \frac{\left(\vec{\Gamma} - i\vec{\gamma}\right)}{2}\, i\left(\vec{\mathfrak{F}} \times \vec{\mathfrak{F}}^*\right)\right],$$

$$\frac{1}{2}\left\{u,\ \frac{i\vec{s}}{2}\right\} = -\frac{1}{4}\left(\vec{\mathfrak{F}} \times \vec{\mathfrak{F}}^*\right) + \frac{i}{4}\left(\vec{\Gamma} + i\vec{\gamma}\right)\vec{\mathfrak{F}} + \frac{i}{4}\left(\vec{\Gamma} - i\vec{\gamma}\right)\overline{\vec{\mathfrak{F}}^*} + \frac{i\vec{\Upsilon}}{2}.$$

Multiplions par 1, $\vec{\mathfrak{F}}$, $\vec{\mathfrak{F}}^*$ et $\left(\vec{\mathfrak{F}} \times \vec{\mathfrak{F}}^*\right)$ et ajoutons. Il vient

$$\frac{1}{2}\{u,\ u\} = u^2 = 1 + \vec{\mathfrak{F}}\vec{\mathfrak{F}}^* - \frac{1}{4}\left(\vec{\mathfrak{F}} \times \vec{\mathfrak{F}}^*\right)^2,$$

qui se ramène à

$$u^2 = 1 + B^2 + D^2 + S^2$$

ou

(1) $$u = \sqrt{1 + \vec{\mathfrak{F}}\vec{\mathfrak{F}}^* - \frac{1}{4}\left(\vec{\mathfrak{F}} \times \vec{\mathfrak{F}}^*\right)^2}.$$

On peut obtenir la même expression en écrivant u sous la forme

$$u = a + \frac{1}{2}\left[\vec{b}\left(\vec{\mathfrak{F}} + \vec{\mathfrak{F}}^*\right) + i\vec{d}\left(\vec{\mathfrak{F}} - \vec{\mathfrak{F}}^*\right) + i\vec{s}\left(\vec{\mathfrak{F}} \times \vec{\mathfrak{F}}^*\right)\right]$$

et en se servant du tableau de commutation établi par Born.

D'une manière analogue, considérons l'expression

$$v = \sqrt{1 - E^2 - H^2 + S^2}.$$

Nous pouvons l'écrire sous forme linéaire à l'aide des opérateurs m et m^* et des seconds vecteurs complexes de Schrödinger :

$$\vec{\mathcal{G}} = \vec{E} + i\vec{H}, \quad \vec{\mathcal{G}}^* = \vec{E} - i\vec{H},$$
$$(\vec{\mathcal{G}} \times \vec{\mathcal{G}}^*) = (\vec{\mathcal{F}} \times \vec{\mathcal{F}}^*) = -2i\vec{S}.$$

En posant

(2) $$v = a + \frac{1}{2}\left[\vec{m}\vec{\mathcal{G}} - \vec{m}^*\vec{\mathcal{G}}^* + i\vec{s}(\vec{\mathcal{G}} \times \vec{\mathcal{G}}^*)\right],$$

un calcul analogue au précédent nous donne alors

$$\frac{1}{2}\{v, v\} = v^2 = 1 - \vec{\mathcal{G}}\vec{\mathcal{G}}^* - \frac{1}{4}(\vec{\mathcal{G}} \times \vec{\mathcal{G}}^*)^2$$

ou

(2)′ $$v = \sqrt{1 - \vec{\mathcal{G}}\vec{\mathcal{G}}^* - \frac{1}{4}(\vec{\mathcal{G}} \times \vec{\mathcal{G}}^*)^2} \quad (^1).$$

Si nous considérons maintenant l'expression du lagrangien de Schrödinger :

$$i\mathcal{L} = L + H + 2 = u + v \quad (^2),$$
$$L = \sqrt{1 + B^2 - E^2 - (BE)^2} - 1, \qquad H = \sqrt{1 + D^2 - H^2 - (DH)^2} - 1.$$

Nous pouvons alors l'écrire

$$i\mathcal{L} = 2a + \frac{1}{2}\left\{\vec{m}(\vec{\mathcal{F}} + \vec{\mathcal{G}}) + \vec{m}^*(\vec{\mathcal{F}}^* - \vec{\mathcal{G}}^*) + i\vec{s}\left[(\vec{\mathcal{F}} \times \vec{\mathcal{F}}^*) + (\vec{\mathcal{G}} \times \vec{\mathcal{G}}^*)\right]\right\} = i\frac{\mathcal{F}^2 - \mathcal{G}^2}{(\mathcal{F}\mathcal{G})}.$$

C'est l'expression linéaire de la fonction d'action $T = L + H + 2 = i\mathcal{L}$ en fonction des vecteurs complexes $\vec{\mathcal{F}}$ et $\vec{\mathcal{G}}$.

ÉLECTRONIQUE. — *Étude des particules de grande énergie du rayonnement cosmique dans le champ magnétique de l'électroaimant de Bellevue.* Note de MM. **Louis Leprince-Ringuet** et **Jean Crussard**, présentée par M. Maurice de Broglie.

1. Au moyen d'un dispositif expérimental déjà décrit ([3]), à savoir une chambre de Wilson de 50^{cm} de hauteur placée entre les pièces polaires du grand électroaimant de l'Académie des Sciences (13000 gauss dans toute la

([1]) M. Madhava Rao a écrit les expressions de u et de v, sous la forme (1) et (2)′ (*Proc. of the Ind. Ac. of Sc.*, 4, 1936, p. 575).
([2]) *Comptes rendus*, 202, 1936, p. 1158.
([3]) L. Leprince-Ringuet, *Journal de Physique*, 7, 1936, p. 67.

chambre), et déclenchée par des compteurs, nous avons poursuivi les études de l'an dernier sur les particules de grande énergie du rayonnement cosmique. La précision a pu être améliorée, ce qui a permis d'étudier un domaine d'énergies s'étendant jusqu'à 20 milliards d'électron-volts. Les mesures faites sur de nombreuses trajectoires sans champ magnétique ont donné pour les déviations par rapport à la ligne droite des résultats absolument symétriques, avec une flèche qui ne dépasse jamais $0^{mm},3$ sur 40^{cm} de longueur. Environ 500 trajectoires ont été mesurées. Nous avons étudié :

A. La répartition des corpuscules de grande énergie venant de l'atmosphère et traversant la chambre dans une direction sensiblement verticale *sans condition de pouvoir pénétrant* (*fig.* 1, A). Cette répartition correspond à un nombre à peu près égal de particules des deux signes pour toutes

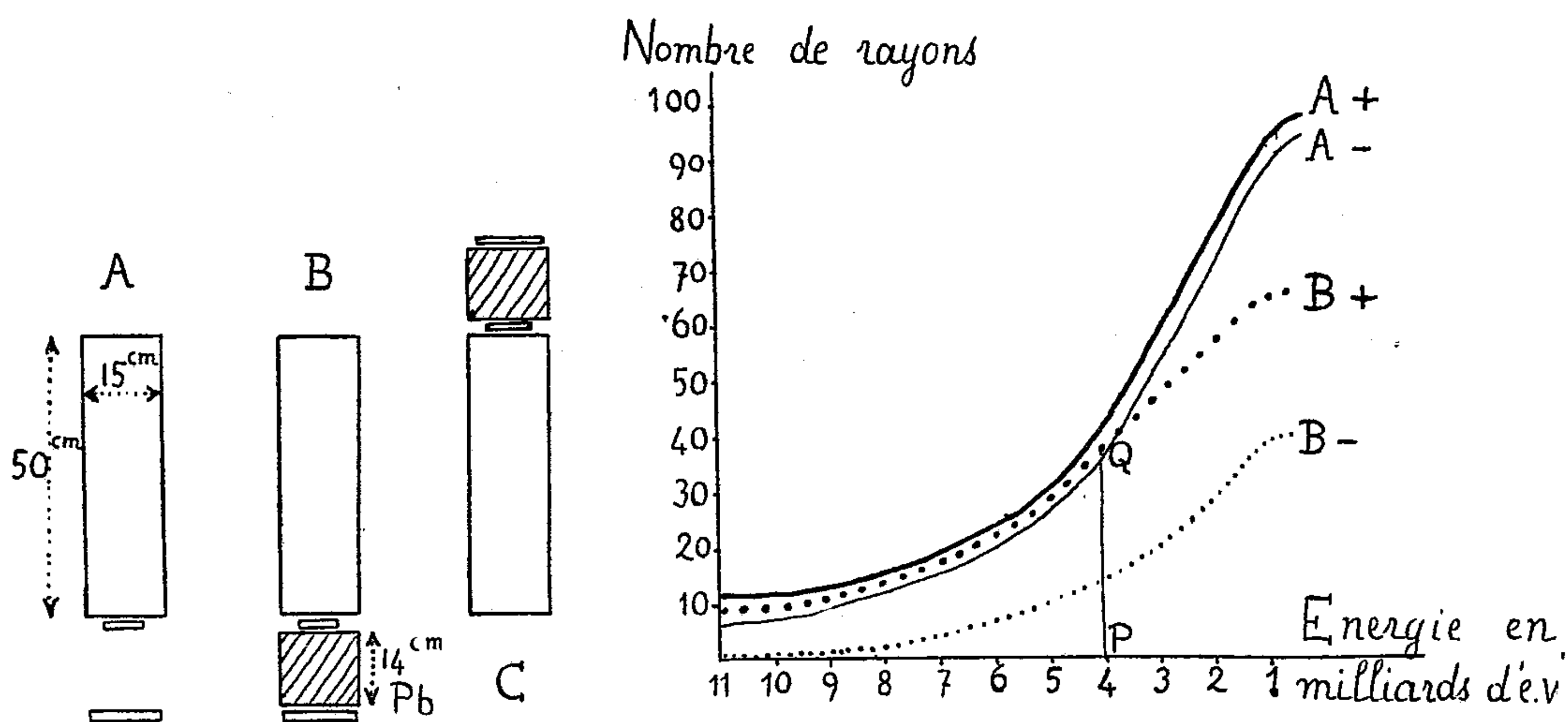


Fig. 1. Fig. 2.

Les courbes donnent le nombre total de rayons dont l'énergie est supérieure ou égale à la valeur de l'abscisse. Ainsi PQ = 38 signifie que le nombre de particules positives d'énergie $\geq 4.10^9$ e. v. est 38 dans la statistique B +.

Les résultats B et C représentent les nombres de trajectoires réellement mesurées. Les chiffres A donnent les nombres mesurés multipliés par le facteur 1,4, afin que les résultats A et B correspondent à peu près à un même nombre de rayons incidents.

les énergies, ce qui confirme et étend légèrement les résultats déjà connus [1] (courbe A de la figure 2; Tableau).

---

(1) Kunze, *Z. für Physik*, 80, 1933, p. 559; Anderson et Neddermeyer, *Intern. Conf. on Physics London*, 1934; Blackett et Brode, *Proc. Roy. Soc.*, 154, 1936, p. 573.

B. Les particules *sélectionnées dans le groupe ultra-pénétrant*, enregistrées avant traversée par elles d'une épaisseur de plomb de 14^{cm} (*fig.* I, B). Les résultats développent ceux de l'an dernier, à savoir qu'il y a prédominance de particules positives, dans les très grandes énergies surtout, pour les rayons capables de traverser 14^{cm} de plomb. Plus d'un quart des rayons observés ne sont pas déviés et correspondent à des énergies supérieures le plus souvent à 20 milliards d'électron-volts (courbes B de la figure 2, Tableau).

C. Les particules observées *après traversée de* 14^{cm} *de plomb* (*fig.* 1, C). Les résultats montrent que la proportion de rayons non déviés est très inférieure à celle du cas précédent; ils laissent subsister des indications dont l'interprétation est incertaine (Tableau).

2. L'ensemble des résultats montre d'une façon nette que pratiquement tous les rayons de très grande énergie ($W > 10.10^9$ e.v.) et la plupart des rayons positifs d'énergie comprise entre 3 et 10 milliards d'e.v. traversent 14^{cm} de plomb. Pour les énergies comprises entre 1 et 3 milliards d'e.v., la moitié environ des rayons de chaque signe sont arrêtés dans 14^{cm} de plomb. Cela est incompatible avec l'hypothèse que les résultats d'Anderson et Neddermeyer (¹) sur les pertes d'énergie d'électrons peuvent être extrapolés vers les énergies élevées. Nos mesures montrent d'une façon certaine que la perte d'énergie des particules à leur passage dans 1^{cm} de plomb est très inférieure à l'énergie initiale, et cela pour certaines d'entre elles dès 1 milliard d'électron-volts. Il est possible que la nature des particules ne soit pas la même dans les deux expériences, mais cela ne découle pas forcément de nos résultats, qui pourraient aussi s'expliquer

		Nombre de rayons d'énergie $\leq 3.10^9$ e. v.	Nombre de rayons d'énergie $> 3.10^9$ e. v.	Nombre total.	
Dispositif A (sans plomb).	Positifs	57	46	103	230
	Négatifs	54	41	95	
	Non déviés	–	–	32	
Dispositif B (avec 14^{cm} de plomb dessous).	Positifs	34	38	72	153
	Négatifs	26	15	41	
	Non déviés	–	–	40	
Dispositif C (avec 14^{cm} de plomb dessus).	Positifs	40	30	70	153
	Négatifs	35	32	67	
	Non déviés	–	–	16	

par une variation importante de l'absorption en fonction de l'énergie.

(¹) *Physical Review*, 50, 1936, p. 263.

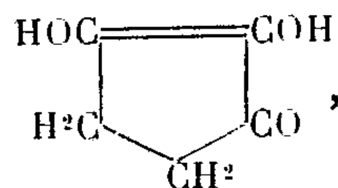
3. Nous avons observé un secondaire présentant un intérêt particulier du fait qu'il est produit au sein du gaz, que son énergie est grande (33 millions d'e.v.), et que l'on connaît le signe et approximativement l'énergie du rayon incident (particule positive de 10 milliards d'e.v. environ). En cherchant si ce cas est mieux représenté par le choc élastique d'un électron positif ou par celui d'un proton sur un électron négatif au repos, nous avons trouvé un résultat favorable à la nature électronique du rayon incident, sans qu'on puisse affirmer cette dernière avec certitude.

4° Parmi les divers phénomènes observés, signalons une gerbe d'environ 200 trajectoires dont l'énergie totale dans la chambre dépasse $20 . 10^9$ e.v.; ce chiffre ne représente qu'une fraction de l'énergie totale de la gerbe.

ÉLECTROCHIMIE. — *Le potentiel d'oxydoréduction de l'acide réductinique.* Note de Mme **Nelicia Mayer**, présentée par M. Georges Urbain.

Dans des travaux antérieurs il a été montré que certains dérivés des glucides tels la rédoxine, l'acide ascorbique ($C^6H^8O^6$) la réductone ($C^3H^4O^3$), sont susceptibles de s'oxyder et de se réduire réversiblement. Le groupement responsable de cette propriété est la fonction endiol HOC=COH, qui donne par oxydation OC—CO ou son hydrate.

L'acide réductinique, dont la constitution est représentée par la formule



est intéressant à comparer aux corps de cette série déjà étudiés.

Il a été préparé d'après la technique de T. Reichstein (1) et contrôlé par comparaison avec un échantillon que m'a remis celui-ci.

Ce corps réduit l'iode en solution acide, à la température ordinaire, à raison de 2 atomes d'iode par molécule. Il présente un spectre d'absorption ultraviolet caractéristique. Nous avons déterminé le déplacement du maximum d'absorption en fonction du pH. A l'état non dissocié, l'acide réductinique a une bande d'absorption dont le maximum est situé à

(1) T. Reichstein et R. Oppenauer, *Helv. Chim. Acta*, 16, 1933, p. 988.

2640 Å; le coefficient d'absorption moléculaire ε est égal à 14000. Le spectre d'absorption de l'ion présente une bande d'absorption dont le maximum est situé à 2800 Å et le coefficient d'absorption moléculaire est ε = 20000.

La réversibilité a été mise en évidence en faisant agir l'acide réductinique oxydé par l'iode (acide oxyréductinique) sur le leuco-dérivé du bleu de méthylène.

Après avoir adsorbé sur kaolin le bleu de méthylène formé, on trouve que la substance réductrice se trouvant en solution présente le même spectre d'absorption que l'acide réductinique primitif; elle lui est donc très vraisemblablement identique.

Afin de déterminer le potentiel normal du système acide réductinique ⇌ acide oxyréductinique, on a mesuré le potentiel d'équilibre d'un mélange d'acide oxyréductinique et de leuco-dérivés de colorants électro-actifs. [La technique employée a été déjà décrite (1).]

Les leuco-dérivés susceptibles d'être partiellement oxydés sont : le bleu de méthylène entre pH 1 et pH 2,5; la thionine entre pH 1 et pH 4,5, le sel de sodium de l'acide 1-naphtol-2.6-dibromophénol indo-sulfonique entre pH 5 et pH 6,8. Nous avons employé ces indicateurs comme corps électroactifs. Les solutions étaient tamponnées soit avec de l'acétate de sodium M/50, soit avec des phosphates de sodium M/50.

Le tableau ci-dessous indique quelques résultats.

(Acide réductinique) / (Acide oxyréductinique).	E_H (en volts).	pH.	E'_0 (en volts).
0,13	+0,432	1,08	+0,408
0,15	+0,408	1,32	+0,387
0,40	+0,327	2,50	+0,316
0,63	+0,270	3,29	+0,265
0,76	+0,239	3,98	+0,236
0,83	+0,215	4,44	+0,213
0,09	+0,193	5,80	+0,153
0,14	+0,160	6,52	+0,136
0,29	+0,142	6,76	+0,127
0,20	+0,142	6,81	+0,122

E_H est le potentiel d'équilibre du mélange par rapport à l'électrode normale d'hydrogène, E'_0 le potentiel normal à différents pH.

E_0 le potentiel normal à pH = 0 et à 23°C., du système acide réductinique ⇌ acide

(1) R. Wurmser, N. Mayer et O. Crepy, *J. Chim. physique*, 33, 1936, p. 101.

oxyréductinique correspondant à la relation

$$E'_0 = E_0 - 0,0587\,pH - 0,0293 \log \frac{[K_o + (H^+)]}{[K_r + (H^+)]},$$

est égal à $+0,467$ volts $\pm 0,005$.

K_r et K_o (constantes de dissociation de l'acide réductinique et oxyréductinique) sont respectivement $10^{-4,72}$ et $10^{-8,48}$ [1].

Ce potentiel est le plus élevé de tous ceux étudiés jusqu'ici parmi les glucides oxydoréducteurs.

ÉLECTROCHIMIE. — *Électrolyse du germanochloroforme ou acide germanochlorhydrique*. Note de M. **Arakel Tchakirian**, présentée par M. Georges Urbain.

L'existence de l'ion complexe $[Ge^{+II}Cl^3]_-$ dans le germanochloroforme, a pu être mise en évidence par diverses méthodes qui ont fait l'objet de publications précédentes [2]. Elle peut encore être vérifiée par la méthode, utilisée par M. C. Duval [3], pour séparer les ions complexes des ions simples qui leur sont associés.

L'appareil employé consiste en un tube en U, dont chaque branche est munie d'un robinet rodé.

On remplit l'appareil d'une solution chlorhydrique (7N) de germanochloroforme à 20 pour 100 [4], de telle sorte que le niveau du liquide s'élève dans les deux branches très peu au-dessus des robinets; on ferme ceux-ci, on nettoie soigneusement les branches supérieures des tubes à l'eau acidulée d'acide chlorhydrique, pour éliminer le germanochloroforme qui a pu souiller les parois pendant le remplissage. Les branches sont alors remplies d'acide chlorhydrique N/1000 dans lesquelles plongent à fleur deux fils de platine.

Dans l'appareil ainsi monté on fait passer un courant continu sous une

---

(1) G. Carpéni, *Comptes rendus*, 203, 1936, p. 1156.

(2) A. Tchakirian, *Comptes rendus*, 192, 1931, p. 233; *Bull. Soc. Chim.*, 51, 1932, p. 846; Volkringer, A. Tchakirian et Mme Freymann, *Comptes rendus*, 199, 1934, p. 292; A. Tchakirian et H. Volkringer, *Comptes rendus*, 200, 1935, p. 1759; A. Tchakirian et M. Lewinsohn, *Comptes rendus*, 201, 1935, p. 835.

(3) *Comptes rendus*, 200, 1935, p. 2175.

(4) A. Tchakirian, *Comptes rendus*, 196, 1933, p. 1026.

tension de 110 volts, en intercalant en guise de résistance une lampe à incandescence à filament de carbone.

Au bout de 15 à 20 minutes d'électrolyse il se produit dans la branche anodique un nuage rougeâtre d'hydroxyde germaneux. Le liquide contenu dans la branche cathodique ne contient pas de germanium.

L'explication que nous en donnons est la suivante : l'électrolyse du germanochloroforme amène la formation d'ions H_+ qui se dirigent vers la cathode et d'ions $[Ge^{+II}Cl^3]_-$ qui passent dans la branche anodique. La solution contenue dans celle-ci étant à dessein insuffisamment acide, il se produit une hydrolyse qui se manifeste par la formation d'hydroxyde germaneux, $Ge(OH)^2$.

On s'est assuré auparavant qu'aucune hydrolyse ne se produit dans les tubes avant le passage du courant.

L'intensité du courant qui passe dans l'appareil au début de l'expérience varie de 14 mA à 20 mA, suivant que les robinets sont plus ou moins fermés. Mais au bout de 35 à 40 minutes, elle s'abaisse à 2 mA, en même temps que se forme l'hydroxyde germaneux.

Si les branches sont remplies d'acide chlorhydrique 5N, il ne peut se produire d'hydrolyse. Mais après quelques heures, on peut, dans la branche anodique, déceler la présence d'une notable quantité de germanium bivalent, que l'on caractérise facilement au moyen de l'ammoniaque, ou de l'acide sulfhydrique.

Remarquons qu'une partie du germanium bivalent se transforme en germanium tétravalent, suivant que les fils de platine sont plus ou moins plongés dans les tubes. Le fait peut être attribué à une oxydation plus ou moins grande du germanium bivalent par le chlore dégagé à l'anode.

Cette expérience très simple apporte une nouvelle preuve de l'existence de l'anion complexe $[Ge^{+II}Cl^3]_-$, existence que M. G. Urbain (1) a déjà citée à l'appui de ses théories sur la valence.

FLUORESCENCE. — *Sur un nouveau fluoromètre.*
Note (2) de M. **Louis Brüninghaus**, présentée par M. Jean Perrin.

Il est bien connu que les durées d'extinction de la fluorescence de nombreuses substances sont très petites, disons de 10^{-9} à 10^{-6} s dans les cas

(1) *Bull. Soc. Chim.*, 51, 1932, p. 853.
(2) Séance du 4 janvier 1937.

usuels, et l'on a dû créer pour leur mesure des fluoromètres spéciaux. En particulier, E. Gaviola établit en 1926 ([1]) un dispositif dont les organes essentiels sont deux cellules de Kerr, utilisées, l'une pour moduler la lumière excitatrice, l'autre pour recevoir et « chronométrer » la lumière de fluorescence. La méthode, par ailleurs fort ingénieuse, présente deux sources d'ennuis, signalées du reste par son auteur lui-même :

1° Le champ optique de la cellule de Kerr est très limité.

2° Le liquide électrobiréfringent (nitrobenzène) est le siège d'une diffusion gênante, préjudiciable à la précision des mesures, et due à l'apparition de nombreuses petites bulles gazeuses dans la couche liquide où passe la lumière ([2]).

M. Francis Perrin a bien voulu m'indiquer en 1932 le principe d'un nouveau fluoromètre, apportant un remède radical à ces inconvénients : il consiste à remplacer le nitrobenzène par le quartz, électrobiréfringent aussi. Après quelques essais préliminaires ([3]), puis pas mal de tâtonnements et d'efforts, j'ai pu réaliser récemment, sur ce principe, un dispositif dont la description sommaire fait l'objet de la présente Note, et qui est maintenant prêt pour les mesures. Ce fluoromètre ne diffère essentiellement de celui de Gaviola que par la substitution de systèmes à quartz piézoélectrique aux cellules de Kerr. Chaque système comporte deux quartz $Q_1 Q_2$ (et $Q'_1 Q'_2$). Dans le système modulateur ([4]), Q_1 et Q_2 sont deux lames de quartz identiques et d'axes optiques rectangulaires, la seconde Q_2 étant en outre placée entre les deux armatures d'un condensateur C, qui permet de la soumettre à un champ électrique alternatif de haute fréquence. Lorsque ce condensateur est au repos, le système $Q_1 Q_2$ équivaut à une lame isotrope. Placé entre deux nicols croisés, il éteint un faisceau lumineux incident. Si l'on applique alors à Q_2 le champ électrique oscillant, le quartz acquiert, comme on sait ([5]), une électrobiréfringence, dont les variations suivent celles du champ.

De ce fait la lumière passe, également au rythme des oscillations élec-

---

([1]) E. Gaviola, *Ann. Physik*, 81, 1926, p. 681, et *Z. Physik*, 35, 1926, p. 748.

([2]) Le montage a été modifié récemment, parallèlement à mes propres essais, par W. Szymanowski, *Z. Physik*, 95, 1935, p. 440 et 450. Cet auteur a conservé cependant les cellules de Kerr.

([3]) L. Brüninghaus, *J. Physiq. Rad.*, 6, 1935, p. 159.

([4]) Ce système est entièrement décrit dans le Mémoire précité.

([5]) Voir notamment E. P. Tawil, *Comptes rendus*, 183, 1926, p. 1099; 185, 1927, p. 114; 189, 1929, p. 163; 192, 1931, p. 274, et 193, 1931, p. 725.

triques, et parvient à la substance fluorescente à étudier. Dans le système chronométreur, les quartz sont disposés de même, et en particulier Q'_2 est placé entre les armatures d'un condensateur C' en parallèle avec C : les variations de biréfringence de Q_2 et Q'_2 sont ainsi synchrones. A chaque période, le jet de lumière fluorescente excitée arrive au système chronométreur avec un certain retard sur le jet de lumière excitatrice, et il trouve Q'_2 dans un état différent de celui où était Q_2 lors du passage du jet excitateur. Il est aisé de déduire, de l'électrobiréfringence résiduelle de Q'_2, et compte tenu du chemin parcouru par la lumière, le temps moyen de persistance de la lumière de fluorescence. Ce temps peut donc ainsi être déterminé.

En définitive, ainsi qu'il est dit plus haut, à part l'introduction des quartz, et quelques modifications de moindre importance, le fonctionnement du nouveau fluoromètre est analogue à celui de Gaviola, mais sans présenter les inconvénients de ce dernier : car on a ici une surface biréfringente utile de l'ordre de 1^{cm^2}, au lieu des quelques millimètres carrés de la cellule de Kerr; d'autre part, le champ optique y est entièrement libre des effets de diffusion signalés ci-dessus. Ces indications suffiront pour le moment. La description complète de l'appareil paraîtra prochainement dans un autre recueil.

PHOTOÉLECTRICITÉ. — *Un nouveau type de cellule photoémissive.* Note (1) de M. **Georges-Albert Boutry**, transmise par M. Charles Fabry.

Diverses études récentes ont montré que le courant débité par une cellule photoémissive, même soigneusement vidée, n'est qu'approximativement proportionnel au flux lumineux que la cathode reçoit. Fréquemment les écarts à la loi de proportionnalité atteignent l'ordre de 1 pour 100 quand le flux varie entre 1 et 10. L'existence de ces écarts, dont l'amplitude et le signe même sont imprévisibles, qui varient avec le temps pour une même cellule, interdit l'usage des méthodes de déviation simple dans l'exécution de mesures précises.

Il en résulte, dans la construction des photomètres et des spectrophotomètres photoélectriques, une complication qui peut limiter à son tour la

(1) Séance du 28 décembre 1936.

précision des mesures et qui, toutes choses égales d'ailleurs, les rend pénibles et permet rarement l'enregistrement.

Les principales causes des écarts dont il est question sont les suivantes :

1° l'emploi de tensions élevées, de l'ordre de 40 à 200 volts; le vide n'étant jamais parfait, une ionisation par choc non négligeable peut se produire;

2° l'influence des parois de verre jamais parfaitement isolantes, jamais très bonnes conductrices, et des charges parasites qui s'y produisent;

3° la surface trop faible de l'anode, filiforme pour la plupart des cellules actuelles : d'où une distorsion du champ électrique qui prend de l'importance au fur et à mesure que le courant débité croît;

4° le courant de fuite, souvent peu stable, et dû surtout à un isolement insuffisant des électrodes.

L'auteur a pu construire des cellules photoémissives dans lesquelles l'influence de ces facteurs est supprimée ou rendue très faible. Dans ces cellules, la cathode est une plaque d'argent, circulaire, entaillée par guillochage de fines rainures parallèles dont les côtés sont inclinés à 45° environ par rapport à la plaque. Elle est entourée d'un anneau de garde travaillé de la même manière et isolé d'elle. Cathode et anneau de garde sont recouverts du même dépôt photoémissif.

L'anode est formée par une grille plane de fils de tungstène très fins (diamètre de 18 microns) tendus parallèlement les uns aux autres à intervalles rapprochés ($0^{mm},25$ à 1^{mm} suivant les cas). Ces fils peuvent être à volonté portés à l'incandescence. Le plan de cette grille, parallèle au plan de la cathode et de l'anneau de garde, est situé à une distance de ce dernier de l'ordre de 2 à 5 pour 100 du diamètre de l'anneau. L'ensemble forme ainsi un véritable condensateur plan de très faible capacité.

Enfin l'ampoule est de très grande dimension. Les sorties d'électrodes sont très soigneusement isolées; en particulier, la sortie du fil cathodique se fait par un pied de verre de 15^{cm} de long, qu'on peut aisément chauffer à 250° pendant les mesures sans danger pour la cellule.

Pour faire une mesure, on envoie sur la cellule un flux lumineux également distribué sur toute la surface de la cathode et de l'anneau de garde. Ces deux électrodes sont portées au même potentiel, mais seule, la cathode est reliée à l'appareil de mesure. Il est clair que, dans de telles conditions, la cathode est presque entièrement soustraite aux influences extérieures, et en particulier à celle des parois. D'autre part, la distorsion du champ électrique est très diminuée. Mais surtout, la cellule ainsi

construite doit se comporter comme une cellule à cathode complètement entourée par l'anode, c'est-à-dire que ses caractéristiques courant-tension doivent atteindre leurs paliers de saturation pour des différences de potentiel accélératrices très faibles. C'est bien ce que l'on constate : *la saturation est obtenue pour des tensions accélératrices de l'ordre de* 3 *à* 4 *volts;* l'ionisation par choc est ainsi pratiquement annulée.

La construction d'un tel ensemble est relativement délicate. Avec les moyens limités dont il dispose, l'auteur n'a encore construit que des cellules au potassium pur, dont la sensibilité très faible ne permet pas de mesurer commodément les écarts à la loi de proportionnalité; des cellules plus sensibles sont en construction.

En dehors de la photométrie de précision, pour les besoins de laquelle elles avaient été imaginées, ces cellules nouvelles pourront peut-être trouver une application dans la construction des émetteurs de télévision : la faible tension qu'elles emploient devrait permettre de réduire beaucoup le *bruit de fond*. Cet avantage serait il est vrai partiellement compensé par leur capacité répartie notablement plus grande que celle des cellules actuellement en usage.

RAYONS X. — *Le spectre* L *d'absorption et les niveaux caractéristiques du mercure*. Note (1) de Mlle **Yvette Cauchois**, présentée par M. Jean Perrin.

J'ai précédemment étudié le spectre L d'émission du mercure (2). Quelques auteurs en ont mesuré les discontinuités d'absorption (3); mais les divergences entre leurs observations justifiaient une nouvelle analyse.

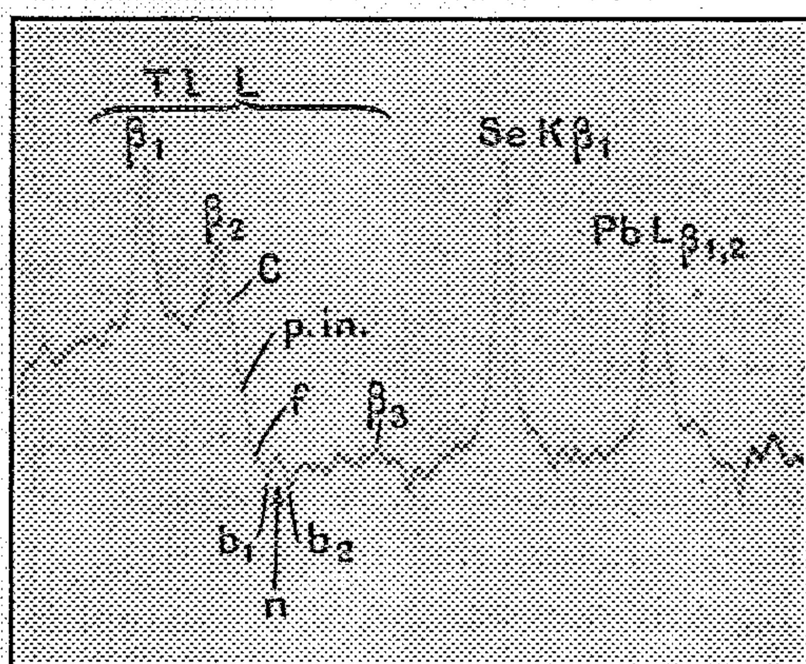
L'état physicochimique d'un élément peut influer sur son spectre d'absorption X. J'ai donc employé successivement deux sels de mercure (HgO rouge et $HgCl^2$), le mercure liquide et, pour la première fois je crois, le mercure solide.

Le dispositif expérimental est celui-là même établi par H. Hulubei pour obtenir le spectre L d'absorption du radium (4) : rayonnement incident du

(1) Séance du 28 décembre 1936.
(2) Y. Cauchois, *Comptes rendus*, 200, 1935, p. 1194 et 1314.
(3) M. Siegbahn, *Spektroskopie der Röntgenstrahlen*, 2te Aufl.
(4) H. Hulubei, *Comptes rendus*, 203, 1936, p. 399, 542 et 665.

thorium excité ici sous un peu moins de 30 kV; spectrographe à quartz courbé donnant 5,4 u.x. par millimètre.

On prépare facilement un écran homogène de sublimé en faisant cristalliser une solution sur du papier à cigarettes. J'ai pu réaliser une couche mince régulière de mercure liquide, ce qui est moins simple, en frottant des gouttelettes sur une feuille de papier à cigarettes graissée. Le même procédé m'a servi pour l'oxyde pulvérisé. Pour faire le spectre du mercure solide j'ai utilisé un vase spécial en verre à parois très minces rapprochées, entre lesquelles étaient placé l'écran de mercure liquide; pendant la pose le vase était constamment rempli d'azote liquide.



Microphotogramme de l'absorption L_{III} du mercure solide (grossissement : 7). *c*, commencement; *f*, fin de la discontinuité principale; *p. in.*, point d'inflexion; *n*, raie noire; b_1, b_2, minima secondaires.

Les mesures ont été faites sur le point d'inflexion de la courbe microphotométrique relative à chaque discontinuité par rapport aux raies de référence : TlL; Se, Sr et YK.

Quel que soit l'état du mercure on ne voit pas de raie blanche contrastée, ni sur L_{II}, ni sur L_{III}, contrairement à ce qui se produit pour d'autres éléments. (Ra *loc. cit.*).

Dans aucun des quatre cas étudiés je n'ai pu déceler de différence systématique pour la *position* relative de L_I, de L_{II}, ni de L_{III}. L'erreur sur ces mesures porte sur les dix-millièmes. J'ai étudié spécialement L_{III}; le pouvoir séparateur, malgré l'aspect diffus de ces discontinuités, ne peut être inférieur à 0,4 u.x; un déplacement de 5 volts aurait donc pu être observé.

J. D. Hanawalt ([1]), avec une dispersion qui était aussi de 5u.x. par millimètre, indique que L_{III} est déplacée de — 2,5 volts pour Hg liquide, + 1,2 volt pour $HgCl^2$ et — 7,4 volts pour HgO par rapport à Hg vapeur; l'écart de 8,6 volts entre $HgCl^2$ et HgO devrait être ici nettement observable. H. L. Hull ([2]) n'a trouvé aucune différence pour L_{III} entre liquide et vapeur, mais note un déplacement de — 3,5 volts avec $HgCl^2$ et — 4,8 volts avec HgO (pouvoir séparateur estimé à 2 volts).

Le Tableau ci-dessous rapporte les moyennes des valeurs obtenues plus particulièrement pour les discontinuités d'absorption du mercure liquide.

Absorption L du mercure.

Discontinuité d'absorption.	L_I.	L_{II}.	L_{III}.
Longueur d'onde en u.x.	833,6	870,4	1006,95
Fréquence en ν/R......	1093,17	1046,95	904,98

Sur tous mes clichés on remarque une dissymétrie de L_{III}; le microphotomètre montre qu'il s'agirait d'une petite discontinuité secondaire suivie des structures peu accentuées, vers les courtes ondes.

N'ayant en vue que la mesure *des positions* de L_I, L_{II} et L_{III}, je n'avais pas pris la peine de réaliser des absorbants d'épaisseurs exactement équivalentes. Je ne puis donc tirer de mes clichés une comparaison rigoureuse des structures secondaires ni des largeurs des discontinuités principales. Il semble bien toutefois que L_{III} soit plus étroite et ses structures secondaires plus accentuées lorsque le mercure est à l'état solide. On peut alors mesurer une fine raie noire (1004,6 u.x.) encadrée de deux petits minima d'intensité : 1005,2 et 1003,9 u.x. environ correspondant à une différence d'énergie de 21 et 37 volts par rapport au point d'inflexion (1006,95). Certains expérimentateurs ont remarqué, inversement, que lorsqu'on élève la température d'un absorbant, le contraste de ses bandes d'absorption diminue, ce que fait comprendre la théorie. On voit qu'il est possible d'étudier aussi l'influence d'un grand abaissement de température. Le cas du mercure est compliqué par le changement d'état simultané.

A l'aide de la fréquence d'absorption L_{III} que j'ai mesurée, des fréquences d'émission publiées (*loc. cit.*) et des fréquences de β_9 (986,1 u.x. soit 924,1 ν/R) et de β_{10} (non séparable de $AgK\beta_3$ 2e ordre) que j'ai déterminées à cet effet, j'ai calculé les valeurs des niveaux caractéristiques qui figurent au Tableau ci-après.

([1]) *Phys. Rev.*, 37, 1931, p. 715.
([2]) *Phys. Rev.*, 40, 1932, p. 676.

Fréquences (en ν/R) des niveaux caractéristiques du mercure.

L_I.	L_{II}.	L_{III}.	M_I.	M_{II}.	M_{III}.	M_{IV}.	M_V.	N_I.	N_{II}.	N_{III}.
1093,3	1046,9	905,0	262,5	241,7	209,8	176,0	169,3	59,3	50,2	42,7

N_{IV}.	N_V.	N_{VI}.	N_{VII}.	O_I.	O_{II}.	O_{III}.	O_{IV}.	$O_{IV,V}$.
28,3	26,7	7,8	6,9	9,2	6,4	4,8	1,1	0,8

CHIMIE PHYSIQUE. — *Contribution à l'étude du rôle des inclusions dans la corrosion des aciers.* Note de MM. ALBERT PORTEVIN et LOUIS GUITTON, présentée par M. Léon Guillet.

Par suite du rôle joué par les phénomènes électrochimiques en corrosion métallique, toute hétérogénéité peut être, en principe, cause immédiate d'attaque, qu'il s'agisse du milieu extérieur corrosif (inégalité de concentration, de teneurs en oxgène dissous, de température; particules en suspension, etc.), du contact du métal avec ce milieu (défauts de surface; rayures, trous etc.; discontinuités des pellicules protectrices ou couches d'adsorption; présence de produits de corrosion, etc.) ou du métal (présence de plusieurs constituants, inégalités de concentration des solutions solides, différence d'orientation des grains, écrouissage local, imperfections cristallines, porosités, ségrégation etc.). Aussi, en ce qui concerne ce dernier, le métal, a-t-on mis en avant, comme causes de corrosion localisées ou par piqûres, les inclusions solides de substances non métalliques. Le plus souvent on s'est basé sur des déductions ou preuves indirectes : potentiel de ces substances prises isolément, teneurs en éléments donnant naissance aux inclusions (Law, Chappell, Williams et Homerberg, Richardson, Beeny, etc.); quelques résultats positifs plus précis d'observation directe de corrosions localisées autour d'inclusions ont été signalées par Homer et par Tronstadt et Sejersted pour les sulfures du fer attaqué par des solutions de chlorure de sodium contenant des chromates.

Étant donné, d'une part, l'importance pratique de ce problème pour les aciers à teneur élevées en chrome dits « inoxydables » et, d'autre part, les progrès de nos connaissances sur la nature des inclusions [1], nous avons repris la question en suivant au microscope la progression de l'attaque sur surfaces polies spéculairement, soigneusement nettoyées et dégraissées, de

[1] Voir R. CASTRO et A. PORTEVIN, *J. Iron Steel Inst.*, 132, 1935-1936, p. 237; *Rev. Mét.*, 33, 1936, p. 448, 516, 574 et 671.

manière à éliminer les défauts physiques de surface (rayures, poussières, etc.), parfaitement actives et mouillables par l'eau; avant attaque, les inclusions étaient identifiées (*loc. cit.*) comme nature et repérées. Les milieux d'attaque étaient les solutions aqueuses et alcooliques d'acides organiques et minéraux, les solutions alcooliques d'iode et leurs vapeurs; les solutions salines, de même que l'air humide, sont sans action sur ces aciers polis. Les aciers étudiés étaient à environ 12 pour 100 (C pour 100 :

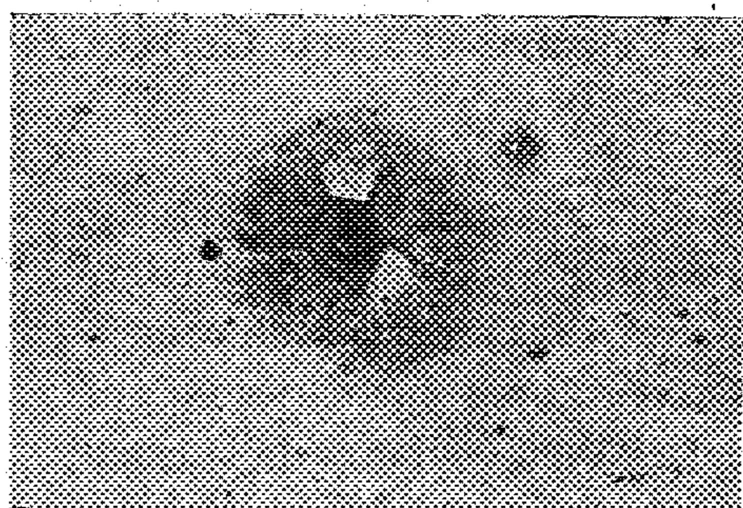


Fig. 1.

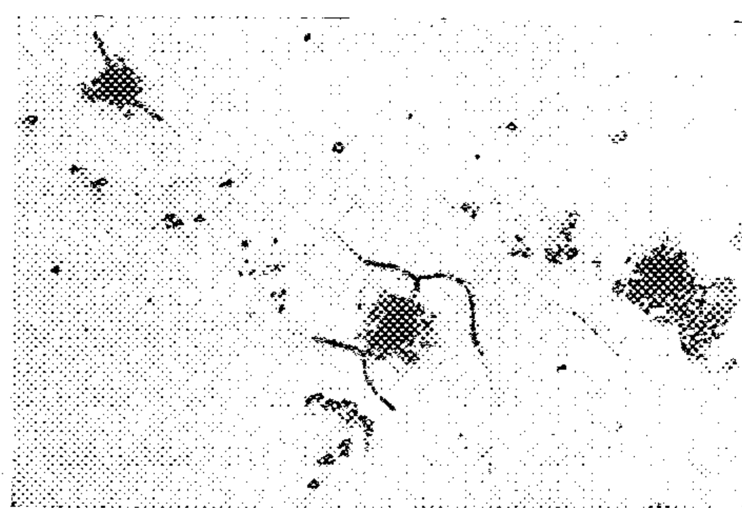


Fig. 2.

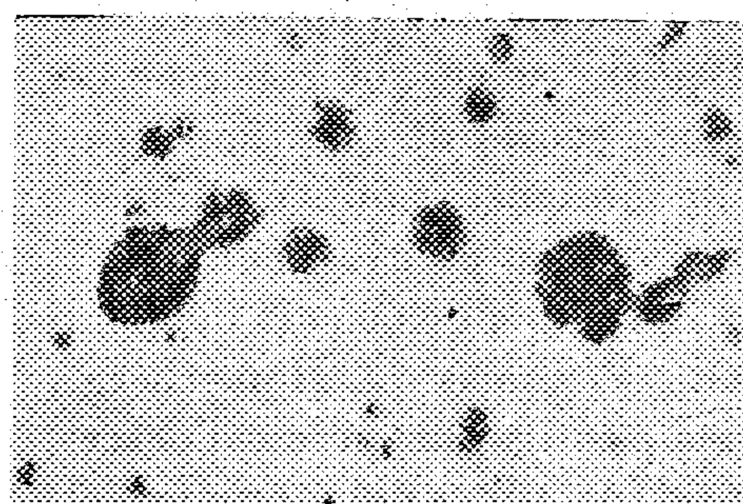


Fig. 3.

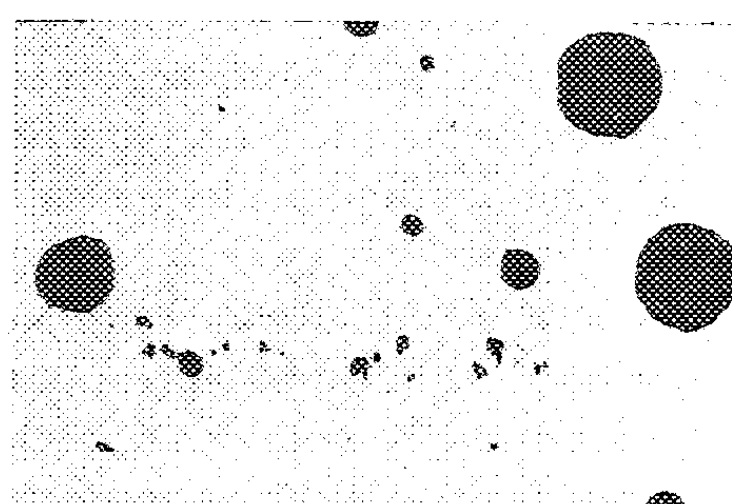


Fig. 4.

0,12 à 0,35) avec un acier doux (C pour 100 : 0,08) comme terme de comparaison.

Dans les corrosions acides en milieu aqueux examinées, la nature de l'inclusion jouant le rôle de centre d'attaque, ne semble pas avoir une influence prépondérante, quoique les inclusions non conductrices (alumine, silicate, etc.) sont fréquemment inactives en comparaison avec les inclusions conductrices telles que les sulfures; mais, dans un même amas d'in-

clusions d'alumine, on en voit quelques-unes ayant une action alors que les autres sont inertes. Suivant sa polarité par rapport au métal adjacent, ou bien le métal circonvoisin demeure inattaqué provoquant la corrosion du métal extérieur, ou bien l'inclusion est centre d'une auréole attaquée (*fig.* 1, acier doux attaqué 10 minutes par une solution 10 pour 100 aqueuse d'acide acétique), la progression de la corrosion suivant parfois préférentiellement les joints des grains (*fig.* 2, acier à 11,5 pour 100 Cr attaqué par l'acide citrique à 10 pour 100).

Dans certains cas, on peut même constater la formation initiale de deux zones de corrosion entourant deux extrémités opposées de l'inclusion conductrice (*fig.* 3, acier à 11,5 pour 100 Cr attaqué 10 minutes dans une atmosphère iodée humide).

Dans les solutions acides à bases d'alcool, il n'y a pas de telles piqûres autour des inclusions.

Dans les solutions alcooliques d'iode, qui sont conductrices, on peut faire des constatations analogues à celles données par les solutions acides aqueuses, mais plus nettes; les inclusions conductrices, comme les sulfures, sont centres d'attaque, alors que les non conductrices, telles que l'alumine, demeurent inattaquées (*fig.* 4, acier à 11,5 pour 100 Cr attaqué 24 heures); en outre, le plus grand nombre des piqûres apparaît distribué au hasard en des points où on n'a discerné aucun défaut.

En atmosphère d'iode, l'acier inoxydable au chrome demeure inattaqué; il faut la présence de vapeur d'eau ou d'alcool déterminant la condensation, sur la surface polie, de gouttelettes de dissolution iodée, d'où naissance de piqûres parfois très fines et très nombreuses (environ 30000 par millimètre carré); si toutes les catégories d'inclusions donnent ici naissance à des piqûres, par contre la grande majorité des piqûres apparaît en des points dépourvus d'inclusions ou de défauts visibles de la surface.

CHIMIE GÉNÉRALE. — *Oxydes organiques dissociables. Le photooxyde* $C^{16}H^{14}O^{4}$, *du mésodiméthoxyanthracène*. Note [1] de MM. **Charles Dufraisse** et **Robert Priou**, présentée par M. Marcel Delépine.

En vue d'aboutir à une théorie correcte de la dissociabilité des oxydes organiques, nous recherchons l'influence exercée par des radicaux variés

[1] Séance du 28 décembre 1936.

sur l'émission d'oxygène libre, par pyrolyse des photooxydes anthracéniques (¹).

A. Nous nous sommes proposé plus spécialement d'éprouver une hypothèse antérieurement émise, afin d'expliquer pourquoi la pyrolyse du photooxyanthracène, IV, ne libère pas du tout d'oxygène, alors que celle du dérivé mésodiphénylé correspondant, VII, en libère 95 pour 100. On avait alors suggéré que, lorsqu'il rompait par dissociation ses liens avec le carbone, l'oxygène du photooxyanthracène devait être repris et maintenu dans la molécule par son affinité pour les atomes d'hydrogène occupant les mésosommets, IV.

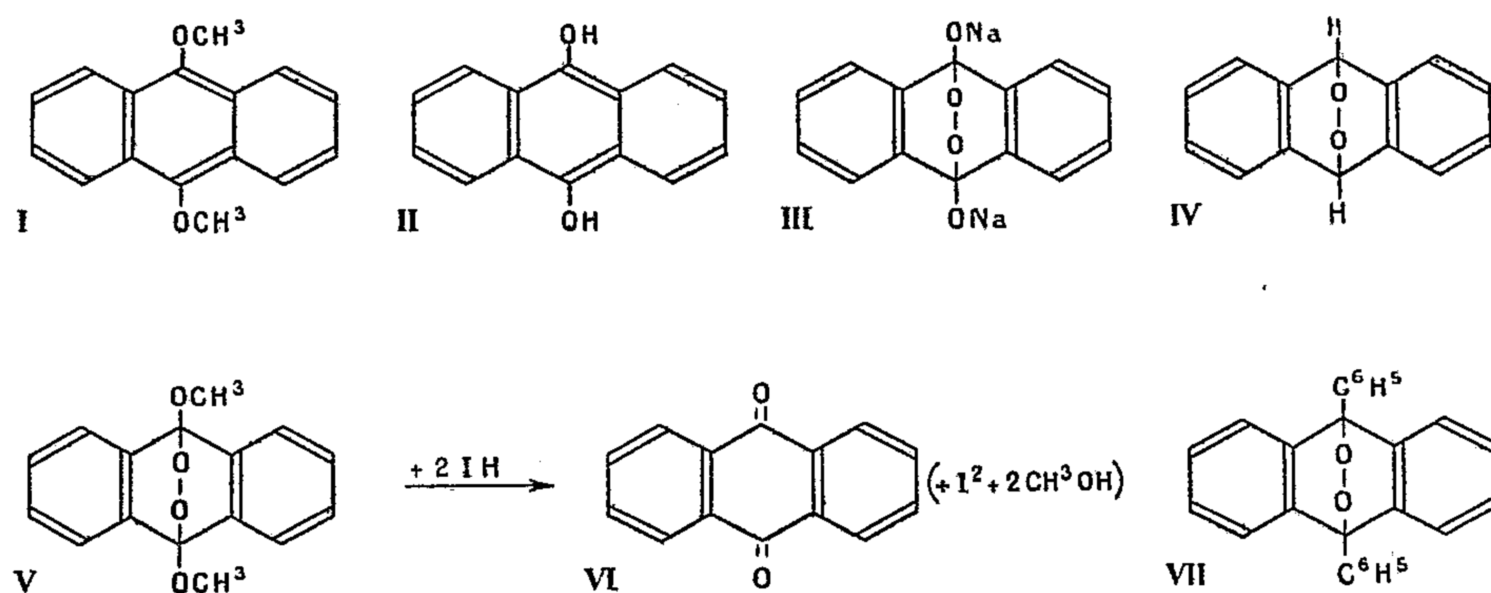
S'il en est ainsi, le moyen efficace de favoriser le départ de l'oxygène peroxydique consisterait à remplacer en méso l'hydrogène, trop oxydable, par des substituants qui le soient moins. C'était déjà le cas avec le phényle, d'où son influence favorable sur la dissociation du photooxyde. Mais on réaliserait, semble-t-il, un garnissage des mésosommets plus résistant encore à l'oxydation, en prenant comme substituant l'oxygène lui-même, par exemple sous la forme d'un radical alcoxylé, R — O —. De là l'idée de préparer le photooxyde, V, du diméthoxyanthracène, I, pour le soumettre à la pyrolyse.

Ce n'était pas la seule raison de penser que ce peroxyde devait être dissociable; un autre argument se tirait des rapports de stabilité entre les divers états d'oxydation en méso de l'anthracène. Le terme d'oxydation en méso le plus stable est l'anthraquinone, VI : d'une part, en effet, les termes moins oxydés tendent vers lui sous toutes les influences oxydantes, et, d'autre part, les termes plus oxydés doivent être tenus pour beaucoup moins stables, puisqu'aucun d'eux n'a encore été décrit jusqu'ici, malgré le nombre considérable des travaux déjà faits sur l'oxydation de l'anthraquinone. Or, le photooxydiméthoxyanthracène, V, représente justement l'un de ces termes suroxydés en méso, car il ne peut passer à l'anthraquinone, VI, que par réduction. Tout porterait donc à croire que ce peroxyde, suroxydé par rapport à l'oxyde stable, c'est-à-dire à l'anthraquinone, abandonnerait de l'oxygène libre plus facilement que d'autres peroxydes similaires, mais se trouvant en état de sous-oxydation par rapport à

(¹) CH. DUFRAISSE et A. ÉTIENNE, *Comptes rendus*, 201, 1935, p. 280; CH. DUFRAISSE et M. GÉRARD; *ibid.*, 201, 1935, p. 428; CH. DUFRAISSE, L. VELLUZ et Mme L. VELLUZ, *ibid.*, 203, 1936, p. 327. Voir également A. WILLEMART, *ibid.*, 201, 1935, p. 1201; 202, 1936, p. 140.

l'anthraquinone, tel le photooxyanthracène, IV, lequel est situé au niveau d'oxydation de l'anthrahydroquinone, II, son isomère.

Disons tout de suite que nos expériences ont infirmé ces prévisions. Par pyrolyse, le photooxyde, V, décrit plus loin, se transforme en anthraquinone, VI, sans émission sensible d'oxygène. Comme les rendements en cette quinone sont élevés, on doit en conclure que le surplus de pouvoir oxydant ne s'est pas porté sur la molécule anthracénique. Il faut donc admettre que les hydrogènes des méthyles sont intervenus, malgré leur éloignement des mésosommets, pour s'opposer à la libération d'oxygène. Toutefois, le désaccord avec notre raisonnement n'est peut-être qu'apparent; nous ne désespérons pas d'en donner bientôt une explication basée sur la configuration stéréochimique du peroxyde.



B. Le photooxyde, V, n'était pas encore connu, bien que l'on sache depuis longtemps (1918) que le mésodiméthoxyanthracène, I, s'oxyde à la lumière en anthraquinone. En réalité, cette réaction se produit par l'intermédiaire du photooxyde, V, mais avec une telle rapidité que l'on ne s'en était pas aperçu auparavant; déjà, après une irradiation réduite à la durée d'une seconde seulement, il s'est formé du photooxyde en quantités appréciables.

Le photooxydiméthoxyanthracène, V, se présente en cristaux massifs, incolores, sans solvant. Il est instable à la lumière, surtout en solution. Il fond instantanément vers 145°, avec décomposition, et laisse un résidu cristallisé d'anthraquinone : il ne dégage sensiblement pas de gaz. Dans le vide, il manifeste une volatilité insolite, sans analogue chez les photooxydes : il sublime inaltéré en dessous de 100°.

Ce peroxyde jouit d'un pouvoir oxydant conforme à l'équation figurée de V à VI. Par cette réaction, nos expériences voisinent avec celles de

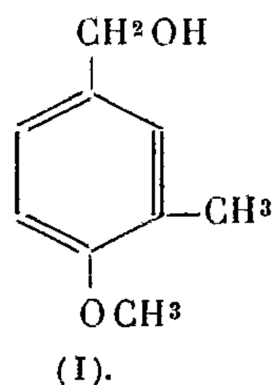
Manchot, sur l'autoxydation, en milieu alcalin, de l'anthrahydroquinone, II, composé dont notre matière première est justement l'éther-oxyde. Le peroxyde du sel disodique, III, n'a pas été isolé par l'auteur, mais, d'après ce qui précède, il se forme probablement. Néanmoins, malgré d'aussi étroites analogies, une différence essentielle sépare les résultats de Manchot et les nôtres, car la lumière n'intervient pas dans l'autoxydation de l'anthrahydroquinone, alors que, bien que brève, son action est nécessaire pour former le nouveau photooxyde. Aussi avons-nous entrepris une étude destinée à préciser ce point particulièrement important pour la question des photooxydes et de leur dissociabilité.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Préparation synthétique d'alcools méthoxy-méthylbenzyliques.* Note de MM. **Raymond Quelet** et **Jean Allard**, présentée par M. Marcel Delépine.

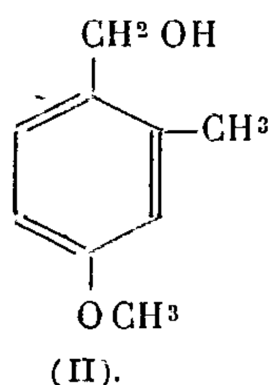
L'un de nous a montré ([1]) que la chlorométhylation des éthers-oxydes phénoliques s'effectue aisément en condensant ces éthers avec l'aldéhyde formique, sous l'influence de l'acide chlorhydrique, en présence où sans catalyseur de déshydratation.

Appliquée à l'anisol, cette méthode fournit principalement le chlorure d'anisyle au moyen duquel nous avons réalisé une méthode de synthèse de l'alcool anisique ([2]). La transformation du chlorure en alcool anisique a été effectuée dans de bonnes conditions en passant par l'intermédiaire de l'ester acétique qui a été saponifié par la potasse en solution hydro-alcoolique.

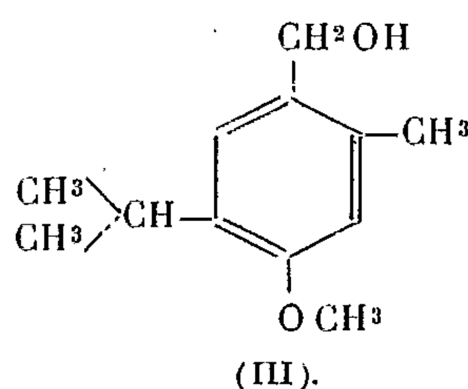
En appliquant cette méthode aux ortho et métacrésolates de méthyle et à l'éther méthylique du thymol, nous avons préparé trois alcools nouveaux : l'alcool méthyl-3 méthoxy-4 benzylique (I), l'alcool méthyl-2 méthoxy-4 benzylique (II) et l'alcool méthyl-2 méthoxy-4 isopropyl-5 benzylique (III).



(I).



(II).



(III).

([1]) R. Quelet, *Comptes rendus*, **198**, 1934, p. 102.

([2]) R. Quelet et J. Allard, *Bull. Soc. chim.*, 5e série, **3**, 1936, p. 1794.

Alcool méthyl-3 méthoxy-4 benzylique $C^9H^{12}O^2$. — 244g (2mol) d'orthocrésolate de méthyle sont additionnés de 180g de formol ordinaire à 40 pour 100 et traités à froid (—10 à +5°), en agitant, par un rapide courant de gaz chlorhydrique. Il se forme ainsi le méthyl-3 méthoxy-4 α-chlorotoluène qui a été décrit précédemment (*loc. cit.*).

Ce chlorure étant peu stable et résistant mal à la distillation, il est avantageux, pour les transformations ultérieures, d'utiliser le produit brut de la chlorométhylation, après l'avoir lavé et séché sur du sulfate de sodium.

Dans le cas présent, le mélange que l'on obtient alors est chauffé pendant 1 heure au bain-marie avec une solution de 164g d'acétate de sodium sec dans 400g d'acide acétique. L'ester acétique brut, isolé par traitement à l'eau et extraction à l'éther, est saponifié par la potasse en solution hydro-alcoolique à 15 pour 100.

Après les traitements habituels, on obtient 125g d'alcool méthyl-3 méthoxy-4 benzylique, liquide visqueux incolore, $Éb_{18}$, 148-149°, $d_{15}^{16} = 1,096$, $n_D^{16} = 1,5445$, phényluréthane, F. 90°,5.

La constitution de cet alcool est confirmée par l'oxydation permanganique qui fournit l'acide méthyl-3 méthoxy-4 benzoïque déjà connu, F. 199-200° (1).

Alcool méthyl-2 méthoxy-4 benzylique $C^9H^{12}O^2$. — En remplaçant, dans la préparation précédente, l'orthocrésolate de méthyle par l'isomère méta, on aboutit, avec un faible rendement (15 pour 100), à l'alcool méthyl-2 méthoxy-4 benzylique, liquide visqueux, $Éb_{18}$, 143-147°, $d_{15}^{18} = 1,102$, $n_D^{18} = 1,546$, phényluréthane, F. 71°. Oxydé par le permanganate en solution étendue, il donne l'acide méthyl-2 méthoxy-4 benzoïque, F. 176° (Schall).

Étant donné le peu de netteté du point d'ébullition, nous pensions être en présence d'un mélange renfermant, en plus de l'alcool signalé, un isomère ortho-méthoxylé. L'étude des produits d'oxydation ne nous a pas permis d'acquérir une certitude à ce sujet.

Les faibles rendements sont dus à la très grande activité du dérivé chlorométhylé qui se condense sur lui-même dès la température ordinaire en donnant des résines.

Alcool méthyl-2 méthoxy-4 isopropyl-5 benzylique : $C^{12}H^{18}O^2$. — La chlorométhylation de l'éther méthylique du thymol est réalisée en

(1) SCHALL, *Ber. d. chem. Ges.*, 12, 1879, p. 825; GATTERMANN, HESSE, *Ann. Chem.*, 244, 1888, p. 65.

présence de chlorure de zinc; le produit obtenu est ensuite traité comme précédemment.

L'alcool ainsi préparé est un liquide très visqueux, $Éb_{18}$ 165°, $d_{15}^{18}=1,042$, $n_D^{18}=1,534$, phényluréthane, F. 101° (rendement 41 % du rendement théorique). Oxydé par le permanganate, il fournit l'acide méthyl-2 méthoxy-4 isopropyl-5 benzoïque, F. 139° (1).

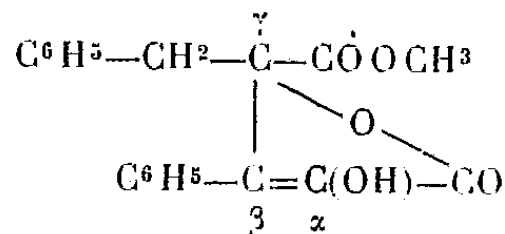
Au cours de cette préparation, nous avons isolé le diméthyl-2.2'-diméthoxy-4.4'-diisopropyl-5.5'-diphénylméthane ($C^{23}H^{32}O^2$), qui prend naissance comme produit secondaire lors de la chlorométhylation : il bout à 230° sous 16mm et cristallise en aiguilles, F. 73°. Oxydé par le bichromate de sodium en solution acétique, il se transforme quantitativement en diméthyl-2.2'-diméthoxy-4.4'-diisopropyl-5.5'-benzophénone ($C^{23}H^{30}O^3$), aiguilles, F. 139°, qui ne donne ni oxime ni semicarbazone.

Analyse : trouvé, C % 77,93, H % 8,60; calculé pour $C^{23}H^{30}O^3$, C % 77,97, H % 8,47.

L'identité des points de fusion de ce produit et de l'éther méthylique de l'acide thymotinique mentionné plus haut est le fait d'une simple coïncidence : l'épreuve du mélange montre un abaissement du point de fusion de 20°.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur l'acide di-(phénylpyruvique). Obtention des acides phénylbenzylsucciniques.* Note de M. **Jules Jarrousse**, présentée par M. Marcel Delépine.

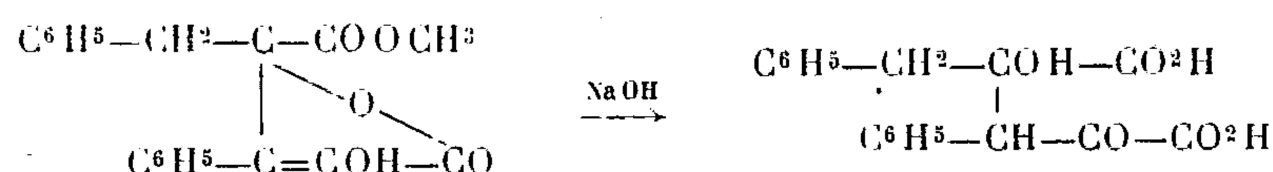
Au cours de leurs recherches sur l'acide phénylpyruvique, M. Bougault et Mlle Hemmerlé (2) ont observé que, sous l'influence d'une solution de bicarbonate de potassium, et à la température du bain-marie, le phénylpyruvate de méthyle subit une aldolisation pour donner l'éther méthylique de l'acide α-oxo-β-phényl-γ-benzylbutyrolactone-γ-carbonique :



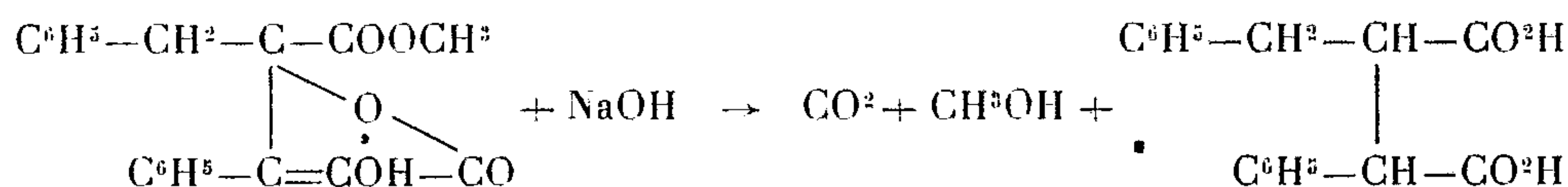
(1) Kobek, *Ber. d. chem. Ges.*, 16, 1883, p. 2100; Grignard, Bellet et Courtot, *Ann. Chim.*, 9e série, 4, 1915, p. 80.

(2) Mlle Hemmerlé, *Thèse de doctorat en pharmacie*, Paris, 1917.

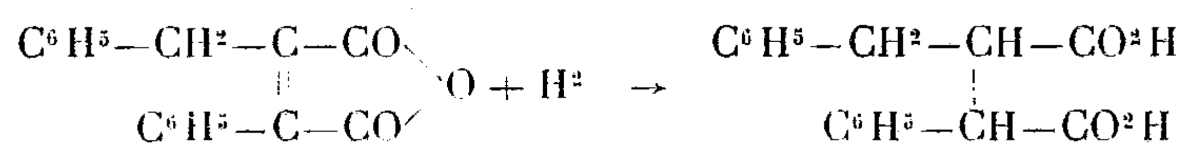
Saponifié par un excès d'alcali, ce corps fournit l'acide di-(phénylpyruvique)



Nous avons observé que la saponification de ce composé, à chaud, et dans un milieu maintenu voisin de la neutralité, donne des résultats tout différents. On obtient alors un mélange de deux acides que nous avons réussi à séparer par l'intermédiaire de leurs sels de calcium. En effet l'un de ces acides, fondant à 185°, possède un sel de calcium insoluble; l'autre fondant à 215° donne un sel de calcium soluble. Le dosage du carbone et de l'hydrogène, la détermination du poids moléculaire par cryoscopie, le titrage acidimétrique, le dégagement de gaz carbonique au cours de l'opération concordent pour nous permettre de les considérer comme étant les acides phénylbenzylsucciniques diastéréoisomères



Pour identifier ces acides, nous avons cherché à les obtenir en suivant une autre méthode, savoir, par l'hydrogénation de l'anhydride phénylbenzylmaléique que nous devons à M. Cordier [1]. Par l'amalgame de sodium, nous avons obtenu un mélange de deux acides, séparables par leurs sels de calcium et que nous avons reconnus identiques à ceux que nous possédions déjà



Propriétés des acides phénylbenzylsucciniques. — Pour faciliter le langage, nous convenons d'appeler forme I, celle qui fond à 215° au bloc Maquenne et dont le sel de calcium est soluble, forme II, celle qui fond à 185° au bloc Maquenne et dont le sel de calcium est insoluble. Les points de fusion de l'une ou l'autre de ces formes ne sont qu'une indication très relative, qui dépend de la méthode employée pour les déterminer; en effet les deux

---

(1) *Comptes rendus*, 200, 1935, p. 1412.

acides phénylbenzylsucciniques ont une grande tendance à se déshydrater par chauffage en se transformant en anhydride. Les éthers méthyliques ne présentent pas le même inconvénient; celui de la forme I fond à 124°, celui de la forme II fond à 85°.

L'action du chlorure d'acétyle bouillant, sur les acides phénylbenzylsucciniques, nous a fourni deux anhydrides, permettant chacun de reproduire l'acide générateur. L'anhydride de la forme I fond à 92°, l'anhydride de la forme II fond à 73°. L'anhydride de la forme I, maintenu en présence d'anhydride acétique, à la température du bain-marie, se transforme rapidement dans l'anhydride de la forme II. Traités, dans ces conditions, par l'anhydride acétique, l'un et l'autre des acides phénylbenzylsucciniques fournissent, d'ailleurs, l'anhydride de la forme II.

Plusieurs auteurs (¹) ont signalé des acides phénylbenzylsucciniques, en leur attribuant des points de fusion différents entre eux et différents de ceux que nous avons observés. Ces écarts peuvent s'expliquer par le caractère imprécis du point de fusion, noté plus haut. Nous avons cependant des raisons de penser, qu'un certain nombre de ces acides, sont, en réalité, des mélanges des deux formes diastéréoisomères; nous nous proposons, d'ailleurs, de développer cette question dans un autre Recueil.

Conclusion. — Nous avons montré que la saponification de l'éther méthylique de l'acide α-oxo-β-phényl-γ-benzyl-butyrolactone-γ carbonique, effectuée à chaud et dans un milieu maintenu voisin de la neutralité fournit un mélange des deux acides phénylbenzylsucciniques diastéréoisomères. Nous avons opéré une séparation exacte de ces acides en utilisant la grande différence de solubilité de leurs sels de calcium, et nous avons précisé quelques-unes de leurs propriétés.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur quelques composés obtenus à l'aide de complexes iodoargentonitrobenzoïques.* Note de MM. **René Jacquemain** et **Alfred Moskovits**, présentée par M. Marcel Delépine.

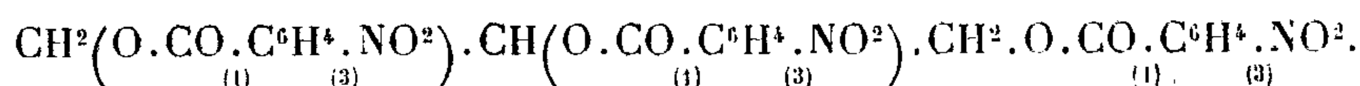
Nous avons indiqué (²) la possibilité de préparer des complexes iodoargentonitrobenzoïques par action d'une solution benzénique d'iode sur les

(¹) Avery et Upson, *J. of Am. Chem. Soc.*, 30, 1908, p. 600; Hjelt, d'après *Beilsteins Handbuch der organischen Chemie*, 4ᵉ édit., 9, 1926, p. 936; Kögl et Becker, *Liebig's Ann. der Chem.*, 465, 1928, p. 239; Stoermer et Stroh, *Ber. d. d. chem. Gesells.*, 68, 1935, p. 2112.

(²) *Comptes rendus*, 202, 1936, p. 497.

nitrobenzoates d'argent en suspension. Nous avions étudié l'action de ces complexes sur le benzoate et le paranitrobenzoate d'allyle. Poursuivant nos recherches, nous avons obtenu :

I. (1.2.3)-*trimétanitrobenzoate de glycérol*



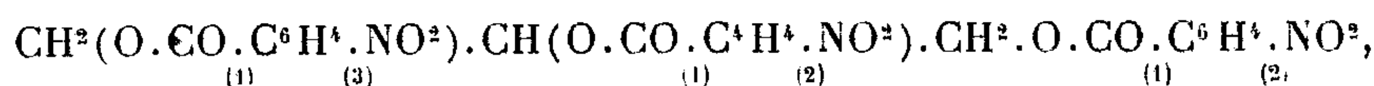
$$CH^2\big(O.CO.\underset{(1)}{C^6}H^4.\underset{(3)}{NO^2}\big).CH\big(O.CO.\underset{(1)}{C^6}H^4.\underset{(3)}{NO^2}\big).CH^2.O.CO.\underset{(1)}{C^6}H^4.\underset{(3)}{NO^2}.$$

Ce composé déjà préparé par Fr. Stather (¹) par action du chlorure de l'acide métanitrobenzoïque sur la glycérine en présence de quinoléine, fond, selon cet auteur, à 130°, après recristallisation dans le chloroforme et l'alcool.

Nous l'avons obtenu par action du complexe iodoargentométanitrobenzoïque sur le métanitrobenzoate d'allyle en suivant le mode opératoire indiqué précédemment.

Le trimétanitrobenzoate de glycérol est très soluble dans le benzène, l'éther acétique et l'acétone; peu soluble dans l'alcool; insoluble dans l'éther. On l'obtient avec un rendement de 50 pour 100.

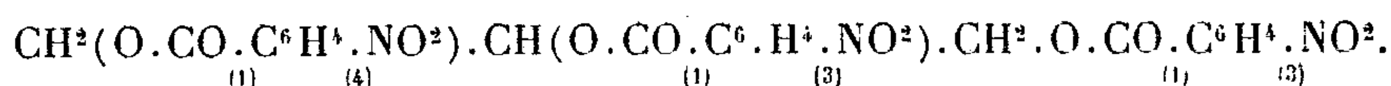
II. (1)-*métanitrobenzoate*-(2.3)-*diorthonitrobenzoate de glycérol*



$$CH^2(O.CO.\underset{(1)}{C^6}H^4.\underset{(3)}{NO^2}).CH(O.CO.\underset{(1)}{C^6}H^4.\underset{(2)}{NO^2}).CH^2.O.CO.\underset{(1)}{C^6}H^4.\underset{(2)}{NO^2},$$

nous l'avons préparé par action du complexe iodoargentoorthonitrobenzoïque sur le métanitrobenzoate d'allyle. Rendement : 50 pour 100. Ce composé, ainsi que les suivants, n'a jamais été signalé. Après recristallisations dans l'alcool et l'éther acétique, il se présente sous forme d'aiguilles soyeuses, F. 133°. Il est soluble dans le benzène et le chloroforme; insoluble dans l'éther. Calculé pour $C^{24}H^{17}O^{12}N^3$: N %, 7,79. Trouvé : N %, 7,86.

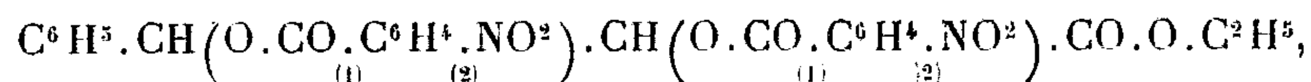
III. (1)-*paranitrobenzoate*-(2.3)-*dimétanitrobenzoate de glycérol*



$$CH^2(O.CO.\underset{(1)}{C^6}H^4.\underset{(4)}{NO^2}).CH(O.CO.\underset{(1)}{C^6}.H^4.\underset{(3)}{NO^2}).CH^2.O.CO.\underset{(1)}{C^6}H^4.\underset{(3)}{NO^2}.$$

obtenu par action du complexe iodoargentométanitrobenzoïque sur le paranitrobenzoate d'allyle. Rendement : 52 pour 100. Poudre cristalline, soluble dans l'acétone; insoluble dans l'éther, l'alcool, le benzène, F. 157°,5. Calculé pour $C^{24}H^{17}O^{12}N^3$: N %, 7,79. Trouvé : N %, 7,59.

IV. *Biorthonitrobenzoate du β-phénylglycérate d'éthyle*



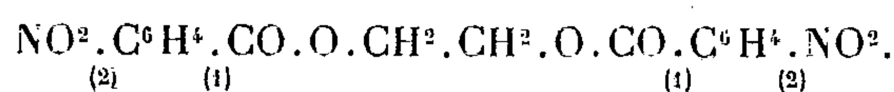
$$C^6H^5.CH\big(O.CO.\underset{(1)}{C^6}H^4.\underset{(2)}{NO^2}\big).CH\big(O.CO.\underset{(1)}{C^6}H^4.\underset{(2)}{NO^2}\big).CO.O.C^2H^5,$$

(¹) *Ber. d. chem. Ges.*, 57, 1924, p. 1392.

obtenu par action du complexe iodoargentoorthonitrobenzoïque sur le cinnamate d'éthyle. Rendement : 60 pour 100. Aiguilles fines, solubles dans le benzène, l'acétone, l'alcool; peu solubles dans l'éther, F. 152°. Calculé pour $C^{23}H^{20}O^{10}N^2$: N pour 100, 5,51. Trouvé : N pour 100, 5,54.

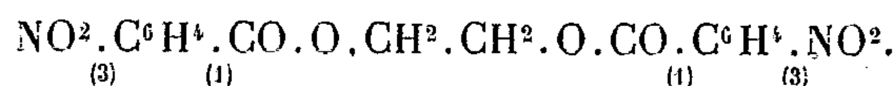
Les complexes iodoargentonitrobenzoïques réagissent très facilement avec l'éthylène; il suffit de sécher rigoureusement ce gaz et de le faire barbotter à l'aide d'un dispositif convenable, dans le complexe tenu en suspension dans le benzène bouillant. Nous avons pu obtenir ainsi les trois composés suivants non encore signalés :

V. *Biorthonitrobenzoate de glycol*



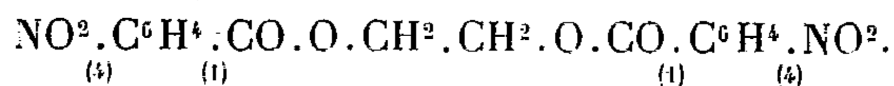
Fines aiguilles solubles dans le benzène et le chloroforme; insolubles dans l'éther. Après recristallisation dans l'alcool et l'éther acétique, F. 138°. Rendement : 75 pour 100. Calculé pour $C^{16}H^{12}O^8N^2$: N pour 100, 7,77. Trouvé : N pour 100, 7,84.

VI. *Dimétanitrobenzoate de glycol*



Poudre cristalline soluble dans le benzène et l'éther acétique; insoluble dans l'éther. Après recristallisation dans l'alcool et le chloroforme, F. 130°,5. Rendement : 40 %. Calculé pour $C^{16}H^{12}O^8N^2$: N %, 7,77. Trouvé : N %, 7,72.

VII. *Diparanitrobenzoate de glycol*



Tablettes nacrées, solubles dans le benzène et le chloroforme; insolubles dans l'éther. Après recristallisation dans l'éther acétique et l'alcool, F. 145°. Rendement : 45 %. Calculé pour $C^{16}H^{12}O^8N^2$: N %, 7,77. Trouvé : N %, 7,86.

Pour continuer ces travaux nous avons préparé, par la méthode de Schotten-Baumann, un certain nombre de nitrobenzoates nouveaux dont nous donnons les constantes.

VIII. *Orthonitrobenzoate d'allyle*, Eb_{10} 167,5-169°.

IX. *Métanitrobenzoate d'allyle*, Eb_{10} 169-170°, F. 20,5.

X. *Orthonitrobenzoate de cinnamyle*, F. 63°.

XI. *Métanitrobenzoate de cinnamyle*, F. 59°.

XII. *Paranitrobenzoate de cinnamyle*, F. 75°.

OPTIQUE CRISTALLINE. — *Sur les indicatrices de pouvoirs réflecteurs des cristaux peu absorbants.* Note (1) de MM. **L. Capdecomme** et **G. Jouravsky.**

Nous appellerons R_g et R_p les pouvoirs réflecteurs en lumière normale relatifs à des vibrations polarisées parallèlement aux directions principales d'une section d'un cristal transparent ou semi-transparent. La théorie montre aisément que, pour une vibration rectiligne d'azimut α par rapport à la direction de plus grand pouvoir réflecteur R_g, le pouvoir réflecteur est (2)

$$R = R_g \cos^2\alpha + R_p \sin^2\alpha.$$

L'attention n'a pas été suffisamment attirée jusqu'à présent sur toutes les conséquences de cette formule, qui définit en fait la forme des indicatrices des pouvoirs réflecteurs. Nous signalerons seulement ici, d'accord avec M. J. Orcel, que ce ne sont pas des ellipses, comme il l'a parfois implicitement admis avec d'autres (3) en employant l'expression d'ellipsoïde pour désigner la surface des pouvoirs réflecteurs.

L'équation en coordonnées polaires d'une ellipse ayant les mêmes axes serait en effet

$$\rho^2 = \frac{R_g^2 R_p^2}{R_p^2 \cos^2\alpha + R_g^2 \sin^2\alpha}.$$

Si l'on calcule le rapport $y^2 = R^2 : \rho^2$ après avoir posé $R_p : R_g = a$, on trouve

$$y^2 = \frac{(1 + a \tan^2\alpha)^2 (a^2 + \tan^2\alpha)}{a^2 (1 + \tan^2\alpha)^3}.$$

L'étude de ce rapport montre que, égal sur les directions principales, il passe par un maximum $y_m^2 = 4(a^2 + a + 1)^3 : 27a^2(a+1)^2$ pour la valeur de α donnée par $\tan^2\alpha_m = (2a+1) : (a+2)$ toujours un peu inférieure à 45°. En outre y_m est d'autant plus grand que a est plus petit.

Donc l'indicatrice théorique entoure l'ellipse ayant les mêmes axes, lui est tangente sur les directions principales et s'écarte d'elle d'autant plus que le rapport des pouvoirs réflecteurs principaux est plus éloigné de 1.

(1) Séance du 28 décembre 1936.

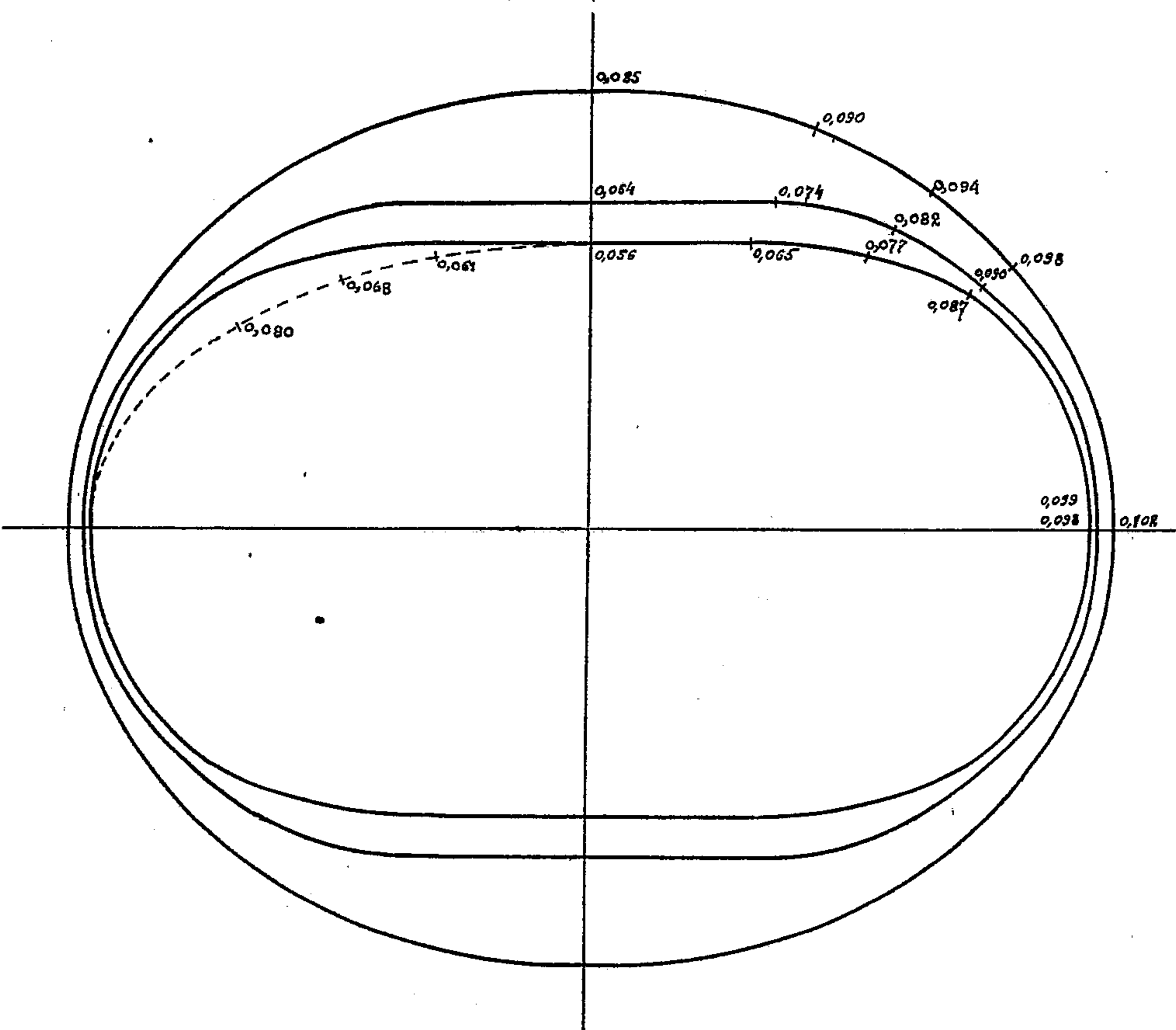
(2) F. Billet, *Traité d'optique physique*, **2**, p. 154-179; J. Orcel, *Bull. Soc. franç. Min.*, **53**, 1930, p. 307.

(3) J. Orcel, *loc. cit.*, p. 309; A. Cissarz, *N. Jahrb. f. Min.*, **64**, A, 1931, p. 153-158; *Zeit. f. Krist.*, **78**, 1931, p. 445.

Nous donnons pour quelques surfaces bien connues des valeurs du maximum calculées dans le cas de la raie D :

	Calcite (paral. à l'axe).	Calcite (clivage).	Rutile (paral. à l'axe).	Oligiste (face p).	Quartz (paral. à l'axe).
a..............	0,625	0,788	0,840	0,921	0,974
y_m.............	1,084	1,031	1,012	1,005	1,0005

L'un de nous a relevé expérimentalement sur des sections orientées d'ilvaïte de l'Ile d'Elbe, minéral très dispersif et peu absorbant, des indi-



catrices dont la forme vérifie bien la théorie, grâce à l'exceptionnelle biréfringence du minéral choisi. Il a pu réaliser cette vérification avec la technique opératoire de M. Orcel : cellule à gaz de la SCAD dans le bleu (écran Wratten, n° 49 c, $\lambda_m = 0^\mu,465$), cellule à couche d'arrêt Chauvin et Arnoux dans le jaune (Wratten, n° 90, $\lambda_m = 0^\mu,589$) et dans le

rouge (Wratten, n° 29 F, $\lambda = 0^{\mu},6$ à $0^{\mu},7$). L'étalon de comparaison était la blende.

Le tableau suivant donne les résultats numériques :

			Face h' (100).				
		α	0° (R_g).	30°.	45°.	60°.	90° (R_p).
Bleu	P. R. mesuré		0,102	0,098	0,093	0,090	0,085
	Rayon vecteur calculé	de l'indicatrice	–	0,098	0,093	0,089	–
		de l'ellipse	–	0,097	0,092	0,088	–
Jaune	P. R. mesuré		0,099	0,090	0,082	0,074	0,064
	Rayon vecteur calculé	de l'indicatrice	–	0,090	0,081	0,072	–
		de l'ellipse	–	0,085	0,076	0,069	–
Rouge	P. R. mesuré		0,098	0,087	0,077	0,065	0,056
	Rayon vecteur calculé	de l'indicatrice	–	0,087	0,077	0,066	–
		de l'ellipse	–	0,080	0,068	0,061	–

La figure représente pour la face h^1 (100) les indicatrices relevées expérimentalement (en traits pleins) et, dans le rouge, l'ellipse ayant les mêmes axes (en pointillés).

Il nous paraît intéressant de souligner que les pouvoirs réflecteurs variant très peu au voisinage des directions principales, le repérage précis de ces directions devra se faire en bissectant l'angle droit formé par les directions de pouvoirs réflecteurs égaux correspondant à $\alpha = \pm 45°$.

GÉOLOGIE. — *Structure du Massif cambrien de Rocroi.* Note de M. **Gérard Waterlot**, présentée par M. Charles Barrois.

Les travaux de Dumont et de Gosselet ont fait connaître la structure du Massif cambrien de Rocroi. Mais, à cause de l'allure isoclinale des terrains, le doute persiste quant à l'âge relatif des différentes assises et au jeu des accidents qui les ont affectées. Au cours de recherches prolongées sur le terrain, nous avons essayé, en l'absence de fossiles, de suivre le parcours des veines d'ardoises et de rattacher les différents gîtes de roches éruptives interstratifiées. Les tracés obtenus à l'aide de ces repères et l'observation des plis qui affectent les couches cambriennes nous amènent à considérer le massif de Rocroi comme un *synclinorium*, à flanc sud renversé, découpé en écailles par des chevauchements multiples.

I. *L'assise de Fumay est stratigraphiquement inférieure à celle de Revin.* — Grâce aux renseignements apportés par l'exploitation souterraine

des ardoises violettes de Fumay, complétant les observations de surface, on sait que les veines d'ardoises se dirigent approximativement d'Ouest en Est, depuis le Brûly jusqu'à Fumay, où elles dessinent un mouvement tournant vers le Nord en direction d'Haybes. Toutes les veines reconnues penchent au Sud jusqu'à Fumay et au sud-est de Fumay à Haybes en montrant toujours des plis en dents de scie. Cette structure, tout à fait analogue à celle du « Comble Nord » du bassin houiller du nord de la France, et d'allure incompatible avec l'hypothèse de couches renversées, montre qu'il faut considérer l'assise de Fumay comme constituant le bord nord d'un synclinal.

II. *L'assise de Revin forme le centre du synclinorium.* — D'après ce qui précède, l'assise noire de Revin repose bien normalement sur celle de Fumay dont elle épouse la structure. Elle dessine un synclinal au bord sud renversé : on retrouve, en effet, sur le flanc méridional de l'assise de Revin, à Deville, en succession inverse du Nord au Sud, d'abord la zone schisteuse avec ardoises noires, superposées à Fumay aux ardoises violettes, puis les deux veines d'ardoises vertes de Deville correspondant aux veines Renaissance et Sainte-Anne de Fumay. L'assise de Revin comprend donc une zone inférieure, schisteuse, à quartzites rares, et à ardoises noires, et une zone supérieure riche en quartzites, avec intrusions éruptives. Cette dernière zone s'étend transversalement depuis Revin jusqu'à l'enveloppe de Monthermé. C'est le centre du synclinorium à structure complexe. Nous avons pu y reconnaître, grâce aux épanchements éruptifs : 1° *Le pli anticlinal d'Anchamps* (constaté sur le terrain) avec ennoyage Est vers les Hauts-Buttés; 2° *Le pli anticlinal renversé du Bois d'Harcy* amenant une partie de l'assise de Deville dans une région revinienne et se brisant vers l'Est, grâce à *la faille de Laifour*, en une écaille répétant à la Grande Commune les roches éruptives des Dames de Meuse; 3° *L'écaille du Ravin de Mairus* répétant la coulée célèbre de porphyroïde; 4° Un très gros accident absolument analogue au cran de retour du Bassin houiller du Nord et qui est le *cran de retour de l'Enveloppe* : c'est grâce à lui que la partie nord des veines ardoisières noires des environs de Fumay revient au jour à l'Enveloppe de Monthermé, chevauchant tout le bord sud de la région centrale éruptive dont on ne connaît par conséquent que le flanc nord; ceci explique l'asymétrie constatée dans les bandes éruptives.

III. *L'assise de Deville est bien l'équivalente de l'assise de Fumay.* — Comme Dumont en avait fait l'hypothèse, le cran de retour ramène l'assise de Fumay renversée sur les ardoises noires du Sud. C'est l'assise verte

de Deville dont le faciès diffère de celui de l'assise de Fumay par métamorphisme. Sept veines d'ardoises y sont rencontrées, mais les deux veines de Croix-Sainte-Anne et de Carbonnière sont, comme Gosselet l'a montré, la répétition des deux veines du nord par l'*écaille de la Carbonnière* reconnue à l'est de Deville.

Le sud de l'assise de Deville est constitué par la grosse masse de quartzite blanc des Quatre-Fils-Aymon formant la retombée d'un anticlinal où l'on retrouve à Château-Regnault les veines ardoisières du Nord. Nous avons retrouvé la même structure anticlinale de la bande de Deville dans son prolongement occidental à Rimagne. De ce fait, l'assise noire de Bogny qui recouvre celle de Deville est une réapparition au sud de l'assise de Revin. Depuis le méridien de Rocroi, tout l'ensemble présente un ennoyage vers l'Est.

IV. *L'âge relatif des couches cambriennes et la succession stratigraphique* seraient donc ainsi définis de haut en bas : 1° *Assise de Revin* comprenant : *a*, zone éruptive quartzitique au sommet de laquelle Malaise aurait découvert *Dictyonema sociale*; *b*, zone ardoisière plus schisteuse; 2° *Assise de Deville-Fumay* quartzitique et ardoisière à *Oldhamia radiata* (Haybes et Trou du Diable). Par conséquent, l'axe anticlinal hercynien de l'Ardenne est superposé, dans la région du Massif de Rocroi, à un synclinorium cambrien dû à des plissements antérieurs. Ceci met en évidence l'indépendance des deux phases orogéniques.

MÉTÉOROLOGIE. — *Sur la variation comparée des anomalies de la pression barométrique et de l'activité solaire*. Note de M. L. **Petitjean**, présentée par M. Charles Maurain.

Après avoir reconnu que les déplacements, au cours du temps, des domaines positifs et négatifs d'anomalies de la pression barométrique à la surface du globe s'effectuaient suivant des mouvements d'ensemble réguliers, il nous a semblé intéressant d'entreprendre l'étude des relations possibles entre ces déplacements et les variations de l'activité solaire.

Cette comparaison est aisée lorsqu'on prend la précaution d'éliminer, au préalable, les variations accidentelles et saisonnières de la pression en opérant sur les anomalies relatives à des intervalles successifs de douze mois, à partir de chacun des mois consécutifs. Il convient alors de procéder préalablement à une opération analogue sur les nombres moyens mensuels

des taches solaires afin d'obtenir une représentation quantitative de l'activité solaire au cours d'intervalles de temps correspondants de douze mois.

C'est ainsi qu'en utilisant les cartes publiées par l'Observatoire maritime de Hambourg pour les années 1883 à 1911 et en faisant usage, pour nos calculs, d'une méthode antérieurement exposée (¹), nous effectuons actuellement l'étude du déplacement des domaines d'anomalies par voie d'analyse synoptique différentielle.

Pour la période comprise entre le 1er décembre 1883 et le 1er janvier 1893 (²), nous avons pu dégager les conclusions suivantes :

En 1884, un an après un maximum de l'activité solaire, les anomalies de pression étaient négatives dans les régions arctiques et tropicales ainsi qu'à l'est de l'Europe. Elles étaient positives dans la partie de la zone tempérée qui s'étend des États-Unis à l'Europe centrale. A partir de 1885 et jusqu'en 1888, pendant la phase décroissante de l'activité solaire, la pression haussa dans le bassin polaire en provoquant l'apparition d'une zone d'anomalies positives qui s'étendit, en 1886, du Groënland à la région des anomalies positives tropicales, le maximum d'anomalie s'étant transporté jusqu'au voisinage des îles Açores. En 1887, ce centre remonta vers le nord-ouest de l'Europe, puis, en 1888, vers l'Islande, après avoir effectué une rotation dans le sens cyclonique ainsi, d'ailleurs, qu'un domaine d'anomalies négatives qui le précédait dans son déplacement. L'explication physique de ce mouvement des anomalies paraît être la suivante : la formation, de 1884 à 1886, d'une région d'anomalies positives entre le Groënland et les îles Açores décelait une activité croissante de l'air polaire caractérisée par la prédominance de la composante Nord pour les vents de cette partie du globe. Après 1886, le retour, vers le Nord, de la zone d'anomalies positives de l'Océan Atlantique accompagna le transfert graduel d'activité de l'air polaire à l'air tropical. De 1887 à 1888, une seconde zone d'anomalies positives arctiques, partie de l'Alaska, envahit l'Amérique du Nord pour rejoindre finalement une anomalie positive située vers l'île de Cuba.

Entre 1884 et 1888, la courbe représentative du nombre des taches solaires possédait une pente générale négative mais, lorsque l'air polaire

(¹) L. Petitjean, *Comptes rendus de la 59e session de l'Association française pour l'avancement des Sciences*, Nantes, 1935, p. 273-275.

(²) L. Petitjean, *Annales de Physique du globe de la France d'outre-mer*, n° 17, 1936, p. 133-138.

atteignit son activité maximum caractérisée par une avance plus rapide des anomalies positives vers le Sud, cette pente était plus forte que pour le reste de la courbe. Inversement, lorsque les domaines d'anomalies positives remontèrent vers le Nord, la pente de la courbe diminua jusqu'au moment où l'activité de l'air tropical fut maximum.

A égale distance de l'intervalle du 1[er] juillet 1888 au 1[er] juillet 1889 les anomalies de pression furent sensiblement égales et de signe contraire, les courbes barométriques et les cartes d'anomalies ayant présenté, à cette époque, un point de symétrie double. Le sens de déplacement des domaines d'anomalies s'inversa également au moment du passage par le point de symétrie. Cette double inversion du signe et du sens de déplacement des anomalies coïncida avec un minimum de l'activité solaire.

De 1889 à 1892, pendant la phase d'accroissement du nombre des taches solaires, des régions d'anomalies négatives, parties de la zone tropicale, se dirigèrent vers le Nord en tournant dans le sens anticyclonique : l'anomalie négative s'étendit de Cuba au nord du Canada en 1889 et des îles Açores au Groënland en 1891. L'activité de l'air tropical passa par un maximum à ces deux époques au moment où la courbe du nombre des taches présenta une pente positive plus rapide.

En résumé, au cours de l'intervalle de 1884 à 1892, l'air polaire fut plus actif que l'air tropical lorsque le nombre de taches solaires présenta une diminution plus rapide ou un accroissement plus lent; l'air tropical fut, au contraire, plus actif que l'air polaire lorsque le nombre des taches s'accrut plus rapidement ou décrut plus lentement.

PHYSIQUE COSMIQUE. — *Sur la réalité des chocs d'Hoffmann.* Note de MM. **Alexandre Dauvillier** et **Anatole Rogozinski**, présentée par M. Ernest Esclangon.

Hoffmann a montré en 1927 qu'une chambre d'ionisation enregistrant l'intensité des rayons cosmiques accuse la production, rare mais subite, d'un nombre d'ions pouvant atteindre 10^8. Millikan, Anderson et Neher (¹) ont suggéré que ce phénomène était accidentel et dû à une ionisation par chocs, consécutive de la production d'une densité ionique élevée. Cependant Swann a observé des chocs sous des tensions de quelques volts et les

(¹) *Phys. Rev.*, 45, 1934, p. 141.

lois réagissant la fréquence du phénomène semblent le rattacher aux gerbes d'électrons positifs et négatifs observées dans les chambres de Wilson et avec les compteurs de Müller-Geiger.

Pour lever toute incertitude à ce sujet, nous avons étudié des chocs artificiels produits en irradiant au moyen d'un intense faisceau de rayons X, durant quelques centièmes de seconde, la chambre d'ionisation chargée d'argon pur sous 90 atmosphères, déjà décrite antérieurement (¹). Les rayons X étaient produits en déchargeant, dans un tube Coolidge, un condensateur de 1 μF, chargé sous 80 KV, mis à notre disposition par M. R. Ledoux-Lebard. Les mesures étaient faites simultanément dans la chambre à rayons cosmiques et dans une chambre d'ionisation à air sous la pression atmosphérique, afin d'obtenir la mesure absolue de la quantité de rayonnement. La combinaison de la variation de la distance et de l'intensité de la décharge en régime continu ou instantané a permis de faire varier la dose depuis $2,7.10^{-5}$ r/sec. jusqu'à une valeur 10^5 fois plus grande.

Dans ces conditions, la densité ionique a varié, dans la chambre à haute pression, depuis 10^8 jusqu'à 10^{13} ions par centimètre cube et par seconde, cette dernière correspondant à une brusque chute de tension de près de 200 volts.

Les réponses des deux appareils de mesure sont demeurées proportionnelles, montrant que, dans le premier, la saturation persistait aux plus hautes densités et que le courant d'ionisation n'avait aucune tendance à s'accroître par chocs. De plus, ce courant s'est montré indépendant de la région irradiée de la chambre et du signe de l'électrode chargée.

Ces hautes densités, observées expérimentalement à partir du volume gazeux irradié (²) et de la grandeur du courant d'ionisation, ont été retrouvées par le calcul en mesurant la longueur d'onde effective (filtration par 5^{mm} de duralumin) et connaissant les coefficients d'absorption du rayonnement dans l'air et dans l'argon, ainsi que les potentiels d'ionisation de ces gaz.

Ces densités remarquables, obtenues par l'emploi d'un rayonnement Röntgen absorbable de haut pouvoir ionisant spécifique, dépassent considérablement les densités moyennes existant lors d'un choc d'Hoffmann, auquel cas des gerbes de particules très pénétrantes peu ionisantes sont réparties dans tout le volume de la chambre. On pourrait cependant

---

(¹) A. Dauvillier, *Rev. Gén. Électr.*, 31, 1932, p. 793.

(²) Volume cylindrique de l'ordre de 10^{-3} cm² de section.

objecter qu'un tel choc est instantané alors que la durée de la production des ions par les rayons X atteint plusieurs centièmes de seconde. Les densités instantanées, produites dans ce dernier cas, sont cependant, en réalité, presque aussi élevées que les valeurs indiquées ci-dessus pendant l'unité de temps, le champ étant peu intense et la mobilité des ions positifs, même dans l'argon pur, ne dépassant pas, sous la pression utilisée, le millimètre par seconde dans un champ de 1 v/cm.

On peut donc affirmer que les chocs d'Hoffmann ne représentent pas une forme particulière accidentelle de la décharge dans les gaz, mais qu'ils mesurent effectivement et par défaut, l'énergie des particules associées au rayonnement cosmique.

EMBRYOGÉNIE VÉGÉTALE. — *Embryogénie des Primulacées. Développement de l'embryon chez le* Samolus Valerandi *L.* Note de M. **René Souèges**, présentée par M. Pierre-Augustin Dangeard.

L'embryon du *Samolus Valerandi* se développe selon des lois qui peuvent être très exactement déterminées. Cette espèce, grâce à la simplicité et à la fixité de ces lois, pourra représenter, parmi les Primulacées, un type embryonomique qui se prêtera aisément aux comparaisons.

Les figures 1 à 7 montrent comment, au proembryon bicellulaire (*fig.* 1), succèdent une tétrade linéaire (*fig.* 2-3), puis un proembryon hexacellulaire (*fig* 7), comportant deux cellules terminales juxtaposées, deux cellules subterminales superposées, *m* et *ci*, et deux cellules inférieures, également superposées. Il ne sera pas tenu compte de ces deux dernières cellules, qui, issues de la cellule basale du proembryon bicellulaire, produisent la portion la plus inférieure d'un court suspenseur et ne prennent nulle part à la construction de l'embryon.

Les deux cellules supérieures superposées, par cloisons méridiennes, donnent naissance à quatre quadrants (*fig.* 10-12), puis, par cloisons transversales, à huit octants (*fig.* 13-14).

Les quatres octants supérieurs, *os*, engendrent la partie cotylée, *l* (*fig.* 14 à 25); les quatre octants inférieurs, *oi*, la région supérieure de l'hypocotyle, qui correspond au rudiment de la tige hypocotylée. La cellule *m* (*fig.* 7), par cloisons méridiennes rectangulaires, donne deux éléments juxtaposés (*fig.* 8 à 12), puis quatre cellules circumaxiales (*fig.* 13 à 18). Dans celles-ci, des cloisons tangentielles séparent, extérieurement, des éléments de dermatogène et, intérieurement, des cellules centrales, aux dépens desquelles, selon des processus que j'ai décrits pour la première fois au sujet des *Hyoscyamus* (¹), se différencient les initiales de la stèle et de l'écorce au

(¹) R. Souèges, *Comptes rendus*, 170, 1920, p. 1279; *Bull. Soc. bot. Fr.*, 69, 1922, p. 239.

sommet radiculaire. L'élément *ci* (*fig.* 7) se partage transversalement en deux cellules superposées *n* et *n'* (*fig.* 9 à 11) : *n*, par cloisons méridiennes rectangulaires, puis transversales, donne naissance à la portion médiane de la coiffe *co*, *n'* contribue, avec les éléments issus de la cellule basale, à la construction du suspenseur.

Le *Samolus Valerandi* constitue, surtout en ce qui concerne les destinées

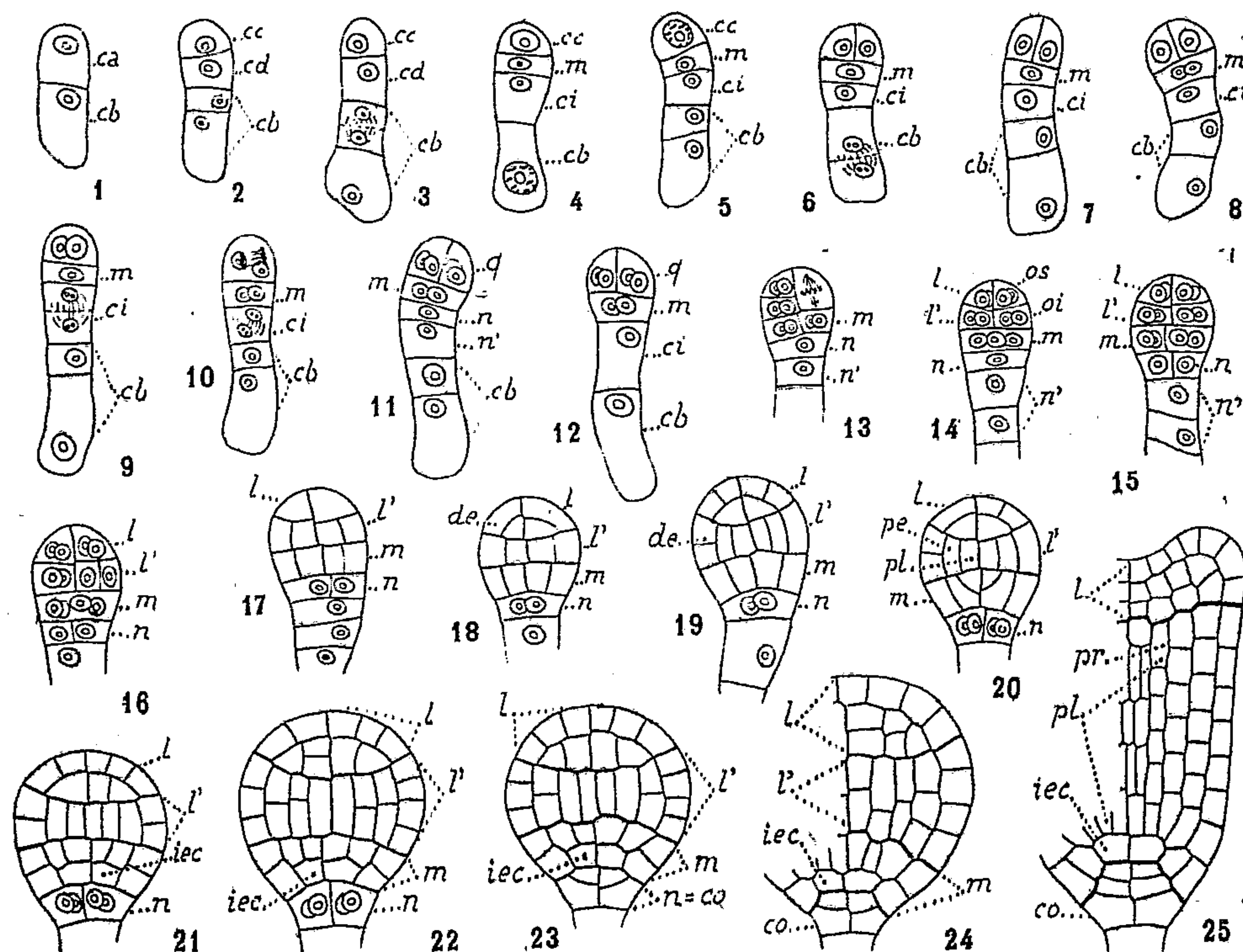


Fig. 1 à 25. — *Samolus Valerandi* L. — Les principaux termes du développement de l'embryon. *ca* et *cb*, cellule apicale et cellule basale du proembryon bicellulaire; *cc* et *cd*, cellule filles de *ca*; *m*, cellule fille supérieure de *cd* ou portion inférieure de l'hypocotyle; *ci*, cellule fille inférieure de *cd*; *n*, cellule fille supérieure de *ci* ou portion médiane de la coiffe *co*; *n'*, cellule fille inférieure de *ci* donnant quelques éléments du suspenseur; *l*, octants supérieurs, *os*, ou partie cotylée; *l'*, octants inférieurs, *oi*, ou portion supérieure de l'hypocotyle; *de*, dermatogène; *pe*, périblème; *pl*, plérome; *pr*, péricycle; *iec*, initiales de l'écorce de la racine. G. = 420.

des blastomères, un type de développement bien distinct. Il peut être rattaché : 1° à celui des Solanacées par les formes les plus jeunes, tétra et hexacellulaires, et par les processus d'individualisation des initiales de la stèle et de l'écorce au sommet radiculaire; 2° à celui des Crucifères, auquel appartiennent les embryons des Scrofulariacées et de la majorité des Labiées, deux familles assez voisines des Primulacées, par le mode de formation des quadrants et des octants; 3° enfin, à d'autres types, celui du

Myosotis hispida par exemple, chez lesquels l'axe hypocotylé procède de blastomères différents, quatre d'entre eux, ou l'un seulement, produisant la portion supérieure de cet axe, destinée à devenir la tige hypocotylée, un autre engendrant la portion inférieure, appelée à donner la racine.

ZOOLOGIE. — *Processus schizogoniques chez le Foraminifère* Planorbulina mediterranensis *d'Orb.* Note (¹) de M. **Jean Le Calvez**, présentée par M. Maurice Caullery.

Chez *Planorbulina mediterranensis* d'Orb., la reproduction asexuée se manifeste toute l'année, mais principalement à la fin de l'hiver et au printemps. Les schizontes appartiennent aux deux formes microsphérique et mégalosphérique dans des proportions sensiblement égales; ils arrivent à représenter 10 pour 100 de la population aux époques les plus favorables.

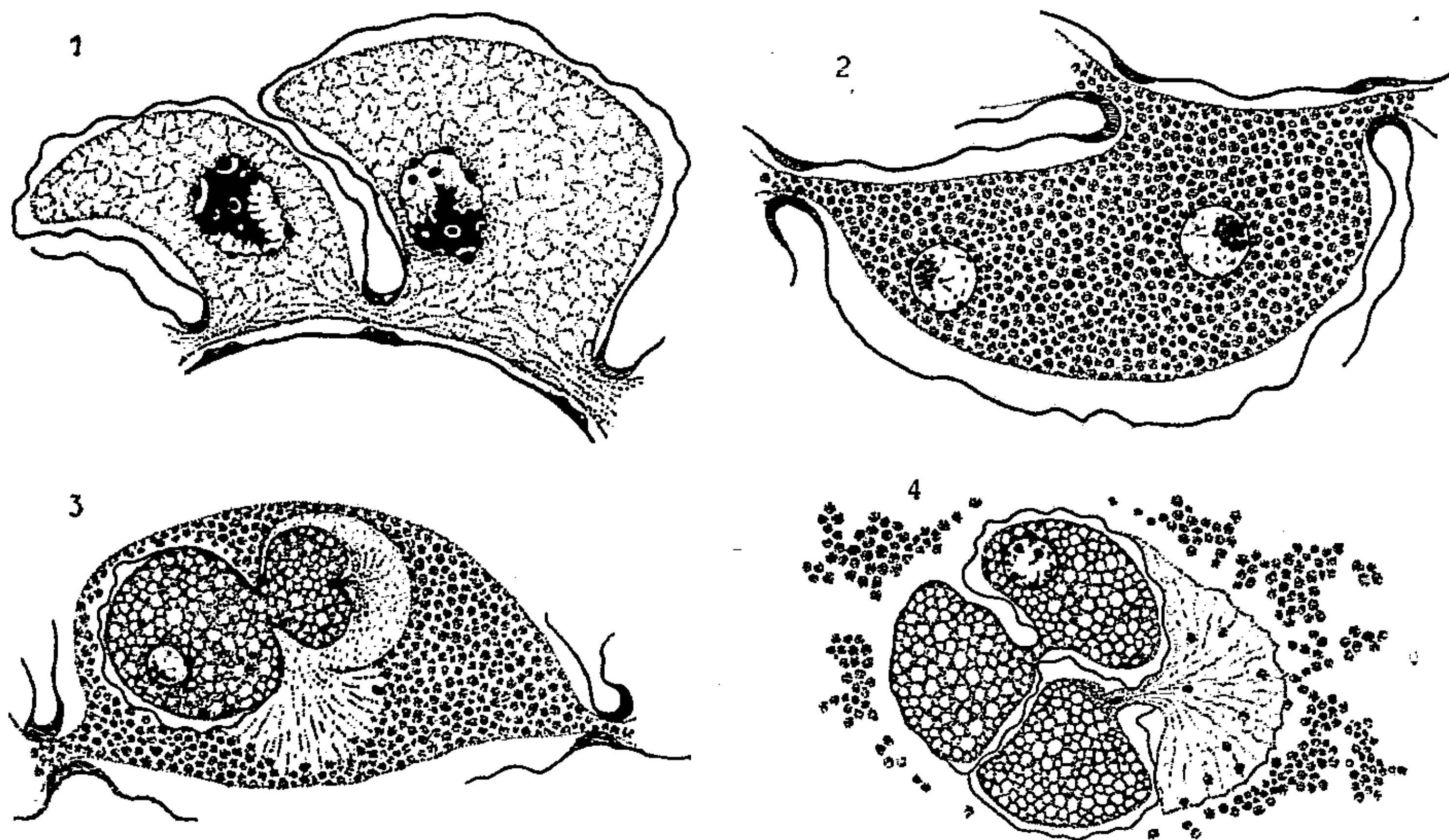
La formation des embryons est identique, qu'il s'agisse d'individus de l'une ou l'autre forme. A la fin de la période végétative, le schizonte contient de 60 à 100 noyaux, dispersés dans un protoplasme homogène finement vacuolaire. Les noyaux irréguliers, de 15 à 20$^{\mu}$ de diamètre, sont pourvus d'une membrane nucléaire lâche et fripée (*fig.* 1); dans la chromatine à fines mailles peu colorables, le stock nucléolaire se présente comme un volumineux amas pariétal irrégulier et caverneux.

La première modification annonçant la schizogonie porte sur le protoplasme des loges périphériques qui se précipite en petits granules et perd tout caractère vivant. La dégénérescence plasmatique gagne le centre de l'animal tandis que les noyaux diminuent de taille, s'arrondissent et remanient leur calotte de plastine. Celle-ci s'effrite et émet vers l'intérieur des fragments qui se dispersent contre la membrane et y dégénèrent. Le reliquat nucléolaire, après cette épuration, s'organise en amas moruliforme, sorte de caryosome complexe constitué de petits nucléoles sphériques très colorés (*fig.* 2). La schizogonie proprement dite n'est pas un simple morcellement du protoplasme comme c'est la règle chez les Foraminifères inférieurs, elle est au contraire caractérisée par une transformation progressive des granules maternels en protoplasme embryonnaire vivant.

Au cours de cette croissance endothalame, la construction de chaque loge se fait en deux phases comme chez les adultes. Dans la première, là

(¹) Séance du 4 janvier 1937.

où les loges déjà construites, entourées d'une membrane chitinoïde et remplies de protoplasme embryonnaire végétatif, se coiffent d'une masse arrondie d'ectoplasme radié, dense, sans vacuole, analogue par sa structure et sa fonction au *protoplasme d'embouchure* (*Mündungsplasma* des auteurs allemands), massé derrière l'orifice des Monothalames. Le rôle de cet ectoplasme est double; c'est l'agent mécanique de la construction et de la nutrition. Il modèle d'abord, par sa masse, le volume et l'emplacement de la loge à construire; mais c'est aussi l'homologue d'une nappe dense de



Schizogonie de *Planorbulina mediterranensis* d'Orb.
1, fin du stade végétatif; 2, dégénérescence du plasma maternel, remaniement nucléaire; 3, embryon construisant sa seconde loge; 4, stade embryonnaire plus avancé (Bouin, H. F. Eosine. × 400).

pseudopodes actifs en contact avec le parent par leurs parties distales, raccordée aux loges antérieures par un étroit goulot. Ils captent et transportent des granules nourriciers de protoplasme maternel, qui sont digérés et transformés en protoplasme végétatif embryonnaire (*fig.* 4). Dans une seconde phase, le protoplasme embryonnaire pousse une sorte de bourgeon arrondi, qui fait hernie et remplace progressivement l'ectoplasme de la nouvelle loge; ce dernier, refoulé vers l'avant, prépare la loge suivante (*fig.* 3). Le noyau est toujours parfaitement visible pendant cette genèse. Il reste dans la première loge, s'accroît peu et éparpille ses nucléoles dans la chromatine; signalons en outre que la réaction de Feulgen ne le colore jamais; pas plus du reste que les noyaux multiples des schizontes microsphériques et mégalosphériques.

Lorsque la cinquième loge est achevée, tout le plasma maternel a été consommé par les embryons. Ceux-ci ont détruit en même temps le test calcaire du parent, pour minéraliser la membrane chitineuse qui les revêtait dès la première loge. La schizogonie est terminée, et les embryons, devenus des jeunes mégalosphériques, quittent les restes du test maternel et s'éloignent tirés par leurs pseudopodes.

De ce processus deux faits sont à retenir : tout d'abord, la permanence de noyaux bien définis pendant toute la maturité du parent, la genèse des embryons et leur croissance; et ensuite, la transformation *in situ* du plasma maternel dégénéré en plasma embryonnaire vivant; la schizogonie de cette espèce n'est pas une simple fragmentation, mais une véritable incubation.

ZOOLOGIE. — *Sur la déhiscence de quelques spermatophores de Crustacés décapodes.* Note de M. **Maurice Rose** et Mlle **M. Hamon**, présentée par M. Maurice Caullery.

On sait que beaucoup d'Invertébrés disposent leurs spermatozoïdes dans des réservoirs, les *spermatophores*, de structure parfois compliquée, qui sont transportés sur la femelle où ils éclatent assurant la fécondation. Chez les Crustacés supérieurs, l'existence de tels spermatophores est la règle. Leur mode de formation, leur structure sont assez bien connus; mais il n'en est pas de même des conditions physicochimiques et physiologiques qui déterminent la déhiscence des ampoules spermatiques. Quelques expériences simples ont été effectuées par S. Mouchet (¹); elles nous paraissent résumer à peu près tout ce qu'on sait sur ce sujet. Nous apportons ici le résultat de recherches préliminaires, concernant surtout les spermatophores de Pagurides.

Notons tout d'abord que les voies génitales du mâle ont un pH nettement acide, variable selon les régions; et que les diverses parties du spermatophore présentent des degrés d'acidité différents, mais toujours nets. On pouvait penser que les ions H^+ sont un des facteurs qui empêchent la déhiscence. L'expérience montre que, dans les solutions de HCl, même très peu concentrées, on n'a pratiquement pas d'éclatements. Par

(¹) *Spermatophores des Crustacés Décapodes Anomoures et Brachyoures et castration parasitaire de quelques Pagures.* Thèse, Paris, 1933.

contre, la soude, même très peu diluée dans l'eau distillée (N/1000, provoque l'ouverture des spermatophores de nombreuses espèces (*Eupagurus Prideauxi; E. anachoretus; E. excavatus; Pagurus calidus; P. arrosor; Portunus depurator; Maia verrucosa*). Ceux de *Clinabarius misanthropus* et *C. Rouxi* = *Calcinus ornatus*, par contre résistent.

Il est à noter que, pour E. Prideauxi notamment, la vitesse de l'éclatement ne paraît pas fonction de la concentration en alcali. Il y a semble-t-il un maximum pour une solution de N/100, où tous les spermatophores éclatent en moyenne en 2 à 5 minutes; tandis qu'il en faut 9 à N/10, 14 à N/5, 20 à 25 à N/1000. Tout se passe comme si l'action des ions OH^- était nettement différente de l'effet de la dilution, et passait par un optimum de concentration.

Dans l'eau de mer normale, il est de règle que les spermatophores des Pagurides n'éclatent pas. Dans l'eau distillée, on obtient selon les espèces et les individus étudiés, des déhiscences en nombre variable. Elles s'échelonnent entre 100 pour 100 (*Clinabarius*) et 25 pour 100 (certains *P. arrosor* et *E. Prideauxi*) dans le délai de 1 heure.

On pourrait penser que l'ouverture dépend de la concentration des liquides et de leur pression osmotique. Mais, dans des solutions de glucose isotoniques à l'eau de mer, les spermatophores de *E. Prideauxi* résistent; tandis que ceux de *Clinabarius* éclatent tous; les autres espèces s'échelonnent entre ces deux extrêmes. De plus, chez *Clinabarius*, la déhiscence n'a lieu que si l'on transporte les spermatophores directement du canal déférent dans l'eau sucrée isotonique. Si auparavant on passe par l'eau de mer, on n'obtient plus aucun éclatement. Il y a donc une action plus complexe que celle de la pression osmotique seule.

Dans des solutions de KCl, NaCl; $MgCl^2$; $CaCl^2$, isotoniques à l'eau de mer, il n'y a aucun éclatement. Mais, si l'on fait agir ensuite NaOH N/100 qui seule, provoque toujours la déhiscence en quelques minutes, on peut montrer que les différents sels ont modifié les spermatophores. L'ouverture est plus ou moins retardée selon les sels appliqués au préalable, sauf pour $MgCl^2$. Pour NaCl; KCl, la vitesse d'éclatement par la soude est ralentie d'environ 10 fois; après $CaCl^2$ de 50 à 90 pour 100 des spermatophores résistent plus de 1 heure à l'action de l'alcali.

Chez *E. Prideauxi*, en mélangeant les chlorures isotoniques deux à deux, en proportion égale, on n'a pas d'éclatements; mais l'action consécutive de la soude N/100 révèle une influence spécifique des cations et leur antagonisme réciproque. Ainsi, pour les mélanges KCl—NaCl, l'éclatement est

plus rapide que dans chaque sel employé seul; pour NaCl—$MgCl^2$ la déhiscence est plus lente que dans $MgCl^2$ seul, plus rapide que dans NaCl seul; pour $MgCl^2$—$CaCl^2$, elle va plus vite que dans $CaCl^2$, moins vite que dans $MgCl^2$; pour KCl—$CaCl^2$ l'ouverture est moins rapide que dans KCl, plus rapide que dans $CaCl^2$; enfin, dans NaCl—$CaCl^2$ la proportion des éclatements obtenus en 1 heure va de 0 à 70 pour 100 selon les individus. Ca paraît un frein particulièrement efficace de la déhiscence; Na vient ensuite, puis K; Mg est antagoniste de ces trois cations; son action n'est pas une question de valence, puisque Ca est comme lui divalent. Cependant le calcium n'est pas l'unique agent du bloc de la déhiscence dans l'eau de mer normale; car si on le précipite par l'oxalate de Na, les spermatophores n'éclatent pas.

Signalons enfin que, chez *E. Prideauxi* et *P. arrosor*, le sulfure d'ammonium et H^2S gazeux provoquent la déhiscence en un temps très court.

Ces recherches tendent à montrer que le bloc et la déhiscence des spermatophores de Pagurides sont régis par des conditions physicochimiques complexes où interviennent le pH, la pression osmotique, et des actions antagonistes ou convergentes de certains ions actifs.

EMBRYOGÉNIE. — *De l'influence de la gémellité et de l'âge maternel sur la proportion des sexes.* Note de MM. **Raymond Turpin** et **Alexandre Caratzali**, présentée par M. Hyacinthe Vincent.

L'étude du mouvement de la population en France de 1920 à 1930 montre que, durant cette période, l'année 1927 exceptée, *le nombre des naissances ♂ est d'une façon constante plus bas dans les accouchements gémellaires que dans les accouchements simples.*

Pendant ces onze années, en effet, la moyenne annuelle du nombre des naissances ♂ pour 1000 naissances ♀ fut pour l'ensemble des accouchements de 1058 et pour les accouchements gémellaires de 1041. Ce phénomène est indépendant de la proportion des naissances léthales. En effet durant les années 1928, 1929 et 1930, en France, la moyenne annuelle du nombre des mort-nés ♂ pour 1000 mort-nées ♀ fut pour l'ensemble des mort-nés de 1380, et pour les mort-nés issus d'accouchement gémellaire de 1284. Il est donc évident que la mortinatalité des ♂ issus d'accouchements gémellaires n'a pas dépassé la mortinatalité des ♂ issus d'accouchements simples, et par analogie on peut estimer que les fausses couches ♂ dans l'un et l'autre cas se sont réparties de la même manière.

Nous avons alors cherché si l'étude de la proportion des sexes, suivant que la gémellité est monozygote ou dizygote, ne pourrait pas fournir une explication que ne donne pas l'étude des naissances léthales. Les statistiques d'accouchements gémellaires distinguent les jumeaux nouveaux-nés du même sexe et de sexe différent. Les premiers sont mono ou dizygotes; les seconds sont dizygotes. Or, pendant la période qui s'étend de 1920 à 1930, le nombre des ♂ issus d'accouchements ayant donné deux jumeaux du même sexe est nettement supérieur au nombre des ♂ issus de l'ensemble des accouchements gémellaires, et très voisin du nombre des ♂ issus d'accouchements simples. Pour 1000 ♀ le chiffre moyen annuel des ♂ pendant cette période fut, en effet, pour les premiers 1062, pour les seconds 1041, et pour les troisièmes 1058. Si nous avions utilisé la formule de réduction de Weinberg qui donne le nombre approximatif des gémellités mono et dizygotes, les résultats auraient été du même ordre. On peut donc conclure que *ce sont les gémellités dizygotes qui abaissent le nombre des ♂ issus des naissances gémellaires.*

Il est possible d'expliquer ce fait par deux hypothèses qui sont d'ailleurs conciliables. Les spermatozoïdes ♂ à différents niveaux de l'échelle des êtres sont plus petits, et plus rapides que les spermatozoïdes ♀. Ils arrivent souvent les premiers à l'oviducte, ce qui permet de déduire que le nombre des ♂ à la naissance doit être, dans ces espèces, supérieur au nombre des ♀. L'exactitude de ce raisonnement a été vérifiée pour l'espèce humaine et certaines variétés de mammifères.

Lors d'une di-ovulation, la probabilité pour le premier ovule d'être fécondé par un spermatozoïde ♂, plus mobile qu'un spermatozoïde ♀, est égale à la probabilité pour un ovule d'être fécondé par un spermatozoïde ♂ lors d'une mono-ovulation. Cette probabilité est un peu supérieure à 1/2. Mais les spermatozoïdes sont aptes à vivre dans la cavité utérine 24 heures et plus; le délai qui sépare la maturation du premier ovule de celle du deuxième peut corriger les conséquences de la différence de mobilité des spermatozoïdes ♀ et des spermatozoïdes ♂ et tendre à égaliser les chances de fécondation du deuxième ovule par un spermatozoïde ♂ ou ♀. Ainsi le pourcentage des naissances ♂ issues des grossesses dizygotes serait abaissé. La seconde hypothèse découle de l'étude de la répartition des sexes en fonction de l'âge maternel. Des raisons d'ordre biologique et statistique (fécondation d'un seul ovule par un seul spermatozoïde, répartition des sexes identique, courbes de fréquence superposables) permettent d'étudier les naissances simples en utilisant les données

statistiques qui concernent les gémellités monozygotes, ou, ce qui revient à peu près au même, les naissances gémellaires de même sexe.

En utilisant ainsi les statistiques correspondant à la période 1928-1930, *nous avons constaté que le nombre des naissances décroît ♂ d'autant plus que l'âge de la mère s'écarte de la période de l'existence la plus favorable à la fécondité, c'est-à-dire au-dessous de 20 ans et surtout au-dessus de 40 ans.*

Le tableau suivant exprime ce phénomène :

Age maternel	20.	20-24.	25-29.	30-34.	35-39.	40-44.	45.
Nombre total des accouchements ayant produit deux jumeaux de même sexe	614	3575	4785	3976	2573	773	43
Nombre des ♂ pour 1000 ♀	987	1044	1061	1065	1065	952	593

Or Dahlberg a montré que la fréquence des gémellités dizygotes croît avec l'âge maternel. Cette discordance entre l'âge de la mère le plus probable pour la proportion maxima des naissances ♂ et l'âge de la mère le plus probable de la détermination des gémellités dizygotes, peut expliquer que le nombre des ♂ soit plus petit dans les naissances dizygotes. Les deux hypothèses que nous formulons peuvent être conciliées si l'on admet que le *milieu maternel*, par l'intermédiaire peut-être de phénomènes humoraux, retentit à la fois sur les qualités physicochimiques de l'appareil génital de la femme et sur la mobilité des spermatozoïdes.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Sur le gaulthérioside (éthylprimevéroside). Sa synthèse biochimique.* Note de M. **Jacques Rabaté**, présentée par M. Gabriel Bertrand.

Nous avons montré [1] comment il était possible de retirer d'un extrait *alcoolique* de feuilles de Gaulthérie (*Gaultheria procumbens* L.) un hétéroside nouveau, le *gaulthérioside* (éthylprimevéroside β).

Au cours de la préparation du gaulthérioside, pour se débarrasser du monotropitoside, on a fait subir aux solutions une hydrolyse au moyen de poudre fermentaire de feuilles de Gaulthérie dans un milieu aqueux qui renfermait du primevérose et, aussi, de petites quantités d'alcool éthylique, étant donné qu'aucune précaution spéciale n'avait été prise pour priver totalement d'alcool l'extrait mis en œuvre.

---

(1) S. et J. Rabaté, *Bull. Soc. Chim. Biol.*, 13, 1931, p. 604.

Une synthèse biochimique du gaulthérioside n'a-t-elle pas eu lieu dans ces conditions? Les phénomènes de réversibilité fermentaire habituellement considérés nous font voir que la synthèse biochimique des alcoolhétérosides est insignifiante pour des concentrations en alcool analogues à celles que nous pouvions avoir (moins de 1 pour 100).

Cependant j'ai montré, dans l'étude des ases des feuilles de *Salix purpurea* [1], que les ferments de ces feuilles possèdent la propriété d'hydrolyser très rapidement les phénolglucosides β, très lentement les alcoolglucosides β. Si l'hydrolyse des phénolglucosides β a lieu en présence d'un alcool primaire, on constate une synthèse considérable d'alcoolglucoside β, que le ferment n'hydrolyse ensuite qu'avec une extrême lenteur. Pour une concentration en alcool de 0,3 pour 100, 16 pour 100 du phénolglucoside sont transformés en alcoolglucoside. Si la teneur en alcool est de 3 pour 100, la synthèse atteint 57 pour 100. Il est indispensable que l'alcool soit en présence de l'hétéroside au cours de l'hydrolyse fermentaire, *aucune synthèse* n'ayant lieu si l'alcool est ajouté après l'hydrolyse. Tout se passe comme si *l'ose naissant* pouvait seul se combiner à l'alcool en présence des ases de la poudre fermentaire.

Dans l'étude de la Gaulthérie les expériences suivantes ont été instituées.

I. 1^g de monotropitoside hydraté est dissous dans 33^{cm^3} d'eau : on y ajoute $0^g,10$ de poudre fermentaire [2]. Le lendemain la rotation est passée de $-3^\circ 32'$ à $-10'$ ($l=2$). Il se forme $0^g,437$ de sucre réducteur exprimé en glucose (Indice 390). L'hydrolyse en primevérose et salicylate de méthyle est *totale*. Cette poudre fermentaire est donc très active.

II. Si l'on ajoute de l'alcool éthylique au liquide ainsi hydrolysé, on n'observe aucun changement : la synthèse biochimique du gaulthérioside n'a pas lieu dans ces conditions.

III. 1^g de monotropitoside hydraté est dissous dans 33^{cm^3} d'alcool éthylique à 10 pour 100. Par action de la poudre fermentaire ($0^g,10$), on constate, en un jour, un changement de rotation de $-3^\circ 32'$ à $-1^\circ 52'$. Le taux de sucre réducteur (en glucose) étant de $0^g,139$, l'indice est de 251. Les jours suivants, on ne note plus que des changements très faibles de la déviation (10' au bout de 12 jours) et de la teneur en sucre réducteur (augmentation de $0^g,032$).

L'hydrolyse s'effectue, dans ce dernier essai, en deux temps et peut s'interpréter ainsi :

---

[1] J. Rabaté, *Bull. Soc. Chim. Biol.*, **17**, 1935, p. 602.

[2] La poudre fermentaire est obtenue en lavant les feuilles de Gaulthérie séchées et pulvérisées, par agitation mécanique d'une demi-heure, avec les solvants suivants : éther, eau (deux fois), alcool, éther, puis en séchant la poudre épuisée.

a. hydrolyse très rapide du monotropitoside avec formation de 69 pour 100 de gaulthérioside;

b. hydrolyse très lente du gaulthérioside (éthylprimevéroside β) ainsi formé.

Préparation biochimique de l'éthylprimevéroside β. — I. Une synthèse fut effectuée en partant de 3g de monotropitoside hydraté dissous dans 45cm³ d'alcool éthylique à 30 pour 100. L'hydrolyse par la poudre fermentaire est plus lente et n'est totale qu'au bout de 15 jours. Il suffit alors d'évaporer la solution en extrait : celui-ci, repris par 20cm³ d'alcool absolu, abandonne 1g de cristaux pur ($[\alpha]_D = -57°,4$ (hydraté), P. F. = 185°). Les eaux mères fournissent encore 0g,30 de produit. C'est du *gaulthérioside*.

II. On peut opérer sur un extrait fluide de Gaulthérie : 400g d'extrait sont dissous dans 1l d'alcool éthylique à 10 pour 100 et sont soumis à l'action de la poudre fermentaire pendant 10 jours. La solution déféquée par un lait de chaux (1), fournit 8g d'éthylprimevéroside pur.

En résumé, le gaulthérioside (éthylprimevéroside β, ne doit pas exister dans les organes de la Gaulthérie. Il se forme par action, sur l'alcool éthylique, du *primevérose naissant* libéré par la poudre fermentaire de feuilles de Gaulthérie agissant sur le monotropitoside.

Les synthèses effectuées dans ces conditions, en partant du monotropitoside pur, ou même de solutions d'extraits de plantes qui le contiennent, fournissent de bons rendements.

Cette méthode biochimique peut s'appliquer à la synthèse d'hétérosides renfermant d'autres alcools ou d'autres oses ou polyholosides.

BIOCHIMIE COMPARÉE. — *Sur la pression osmotique et le poids moléculaire de diverses érythrocruorines (hémoglobines d'invertébrés)*. Note (2) de MM. **Jean Roche** et **René Combette**, présentée par M. Paul Portier.

On rencontre des érythrocruorines (3) dans les hématies et le plasma sanguin ou cœlomique de nombreux Invertébrés et, suivant T. Svedberg (4),

---

(1) J. Rabaté, *Journ. Pharm. et Chim.*, 24, 1936, p. 311.

(2) Séance du 28 décembre 1936.

(3) On désigne sous ce nom les chromoprotéides respiratoires à protohématine des Invertébrés, afin de les séparer de ceux des Vertébrés, les hémoglobines, dont le constituant protéique est différent (J. Roche).

(4) *Journ. biol. Chem.*, 103, 1933, p. 311-325.

la localisation endo- ou exoglobulaire de ces corps déterminerait la grandeur de leur poids moléculaire. En effet, celui-ci serait presque toujours égal à 17000, 34000 ou 68000 pour les pigments globulaires, à 1375000 ou 2750000 pour les chromoprotéides plasmatiques (Svedberg et Eriksson-Quensel, Svedberg et Hedenius). Cette notion, si importante pour la physiologie de la régulation osmotique des échanges par ses conséquences, repose uniquement sur des mesures faites par ultracentrifugation; aussi nous a-t-il paru nécessaire de compléter celles-ci par des déterminations osmométriques du poids moléculaire des érythrocruorines. Cette Note expose les résultats des recherches que nous avons poursuivies dans ce but.

Nos expériences ont porté sur trois érythrocruorines, dont l'une, celle de l'Arénicole (*Arenicola marina*), est plasmatique et les deux autres, provenant respectivement du Dasybranche (*Dasybranchus caducus*) et de la Glycère (*Glycera gigantea*), sont globulaires. Ces pigments ont été préparés par des techniques antérieurement décrites ([1]) et leur poids moléculaire a été déterminé par la méthode d'Adair ([2]), appliquée à leurs solutions en équilibre osmotique à 0° avec un mélange tampon de phosphates $m/15$ (Sörensen) de pH = 7,4.

Les résultats obtenus ont été rassemblés dans le tableau suivant, où C indique la concentration en protéine (grammes pour 100^{cm^3}), p la pression osmotique observée (exprimée en millimètres de Hg), π (égal à p/C) la pression osmotique par unité de concentration en pigment et M le poids moléculaire :

Origine et localisation du pigment.	C.	*p*.	π.	M.
Erythrocruorine plasmatique d'Arénicole.				
(I)	9,54	4,59	0,481	354100
(II)	7,10	3,30	0,464	388600
(I)	6,06	2,94	0,485	351100
(III)	4,08	2,00	0,490	347600
(II)	3,96	2,10	0,330	321700
(II)	2,04	1,01	0,495	344200
(II)	2,01	0,88	0,438	388300
			Moyenne =	356500

([1]) J. Roche, *Essai sur la biochimie générale et comparée des pigments respiratoires*, Paris, 1936, 170 pages.

([2]) Pour le détail de cette méthode, voir A. Roche, *Bull. Soc. Chim. Biol.*, 17, 1935, p. 704-744.

Origine et localisation du pigment.	C.	p.	π.	M.
Érythrocruorine globulaire de Dasybranche :				
(I)........................	2,31	15,80	6,839	24900
(I)........................	2,09	14,00	6,669	25400
(I)........................	1,65	11,80	7,151	23800
(I)........................	0,77	4,94	6,428	26400
(I)........................	0,65	4,39	6,750	25200
(I)........................	0,21	1,42	6,761	25200
			Moyenne =	25080
Glycère (I)..................	0,40	1,26	3,125	54500

L'examen de ces données et leur confrontation avec les résultats d'observations antérieures permettent les conclusions suivantes :

1° Les poids moléculaires moyens des érythrocruorines globulaires du Dasybranche et de la Glycère, corps n'ayant pas fait l'objet de mesures antérieures, sont respectivement de 25080 et 54500. Il est d'ailleurs possible que ces valeurs correspondent à des mélanges de particules de tailles différentes, comme il en existe dans les solutions d'autres érythrocruorines (Svedberg). Quant au poids moléculaire moyen du pigment plasmatique de l'Arénicole, il serait de 356500 d'après nos mesures osmométriques et de 2750000 d'après celles faites à l'ultracentrifugeuse par Svedberg. Cet écart ne tient sans doute pas aux méthodes mises en œuvre, puisque celles-ci appliquées à une même protéine donnent dans tous les cas antérieurement étudiés des résultats présentant une concordance satisfaisante. Il nous paraît être dû à des différences dans la taille des particules du pigment employé pour chacune des deux séries de déterminations, différences analogues à celles observées par A. et J. Roche sur l'hémocyanine d'*Helix* dans des conditions physiologiques diverses.

2° Conformément à la règle de Svedberg, le poids moléculaire de l'ensemble des pigments respiratoires (hémoglobines, érythrocruorines, hémérythrines) existant dans des globules atteint au plus 66000, tandis que celui des corps du même groupe dissous dans un plasma (érythrocruorines, chlorocruorines, hémocyanines) est égal ou supérieur à 360000 (1).

(1) A une seule exception près, pour celui de l'érythrocruorine du Chironome (17000 et 34000).

BACTÉRIOLOGIE. — *Sur la destruction des déshydrogénases du Staphylocoque doré par la chaleur. Action protectrice du substrat.* Note de M. **Denis Bach**, présentée par M. Alexandre Guilliermond.

Les déshydrogénases bactériennes sont connues pour être particulièrement sensibles à l'action de la chaleur [Quastel et Wooldridge (1), Euler (2)]. Mais un fait qui nous paraît ne pas avoir été suffisamment mis en lumière est l'action protectrice qu'exerce le substrat. Les expériences suivantes, effectuées sur la glucose-déshydrogénase et la lactico-déshydrogénase du staphylocoque doré sont particulièrement suggestives.

Nous avons dû, pour ces recherches, apporter quelques modifications à la technique de Braun et Wörderhoff, que nous suivons généralement (3). Des émulsions récentes de Staphylocoque doré, obtenues par culture de 15 heures sur gélose Liebig, sont distribuées à la dose de $0^{cm^3},5$ dans des tubes pyrex et additionnées de 1^{cm^3} de tampon phosphate de Clark et Lubs de pH 7,2. Ces tubes sont soumis à l'action de la chaleur, pendant 30 minutes, dans un thermostat électrique réglé au cinquième de degré. On les refroidit brusquement, puis on ajoute le donateur (lactate de soude ou glucose N/20), et le bleu de méthylène, au 20000e : un demi-centimètre cube de chaque. On soumet les tubes à l'action du vide (10 à 12^{mm} de mercure) pendant 3 minutes à 15° sous une couche de quelques millimètres d'huile de vaseline. On coule aussitôt quelques centimètres cubes de vaseline fondue et porte au thermostat à 40°.

Le tableau suivant montre l'affaiblissement considérable subi par les deux déshydrogénases. La température de destruction de l'enzyme qui est, d'après Euler, la température qui, appliquée pendant 30 minutes, amène la destruction de 50 pour 100 de l'enzyme, est ici dans tous les cas inférieure à 49°.

(1) *Biochem. Journ.*, 2, 1927, p. 148.
(2) *Chem. d. Enzyme*, 3, *passim*.
(3) D. Bach, *C. R. Soc. Biol.*, 120, 1935, p. 608.

Temps de décoloration du bleu,
après chauffage de l'émulsion 30 *minutes à* 49°, 52° *et* 55°.

	Lactate.				Glucose.			
	Témoin non chauffé.	Essais chauffés à			Témoin non chauffé.	Essais chauffés à		
		49°.	52°.	55°.		49°.	52°.	55°.
Temps de décoloration...	7,30	20	37	46	3	16	30	115
	8,30	20	37	46	4	16	27	120
	8,30	22	37	47	5	18	29	125
Moyenne.....	8,10	20,40	37	46,20	4	16,40	28,40	120
Activité résiduelle.	100	40,5	22,1	17,6	100	24	13,9	3,3

Dans tous les cas, la destruction est complète à 60°. Or ces résultats paraissent en contradiction avec le fait bien connu que l'optimum d'action des déshydrogénases se trouve vers 45°-50°. Dans le cas particulier du Staphylocoque, cet optimum s'étend, d'après mes déterminations, jusqu'à 49°, pour les deux déshydrogénases étudiées.

On ne peut expliquer ces faits en apparence inconciliables que par l'action protectrice exercée par le substrat et qui est elle-même la conséquence de la combinaison *enzyme-substrat*, suivant les vues aujourd'hui classiques de Michaelis et Menten. Des faits de cet ordre ont été signalés de divers côtés notamment en ce qui concerne les antiseptiques (Myrbäck, 1927; Quastel et Wooldridge, 1927; Davis et Quastel, 1932; Dixon, 1927; Boyland, 1933; Yudkin, 1934, etc.).

L'expérience montre qu'il en est bien ainsi. Chauffons en effet pendant 30 minutes l'émulsion bactérienne en présence du tampon phosphate et également du substrat, puis après refroidissement ajoutons le bleu de méthylène. Nous observons alors que les émulsions chauffées en présence du donateur n'ont subi, du fait de ce traitement, aucune diminution d'activité, même à 55° (sauf peut-être pour le glucose D.). Bien plus, les temps de décoloration observés sont nettement plus courts qu'avec les témoins non chauffés. On pourrait, il est vrai, penser que le donateur a subi au cours de ce chauffage une altération qui le rend plus apte à subir la déshydrogénation. L'hypothèse n'est pas invraisemblable dans le cas du glucose notamment qui, à chaud, se transforme en produits réducteurs (glucose évolué de Würmser). Mais elle est inexacte, car le donateur chauffé seul dans le tampon pH 7,2 ne provoque pas ensuite de décoloration plus rapide du bleu, en présence de l'émulsion.

Inactivation des déshydrogénases du Staphylocoque doré par la chaleur, en présence ou en l'absence de leur substrat.
Vitesse de décoloration exprimée en minutes et en secondes.

		Émulsion chauffée en l'absence du donateur.			Émulsion chauffée en présence du donateur.			Donateur chauffé seul.		
Donateur.	Témoin non chauffé.	49°.	52°.	55°.	49°.	52°.	55°.	49°.	52°.	55°.
Lactate......	15	26	30	36	8,30	10	18	19	21	21
	15	26	28	39	8,30	10	18	20	20	21
	15	26	32	43	8,30	10	18	20	20,30	21
Moy....	**15**	**26**	**30**	**39,20**	**8,30**	**10**	**18**	**19,20**	**20,30**	**21**
Glucose.....	12	24	40	400	5,30	8	11	18	20	21,30
	15	23,30	40	400	5	8	11	18	20	15
	15	24	40	400	5,30	8	11	18	20	15
Moy....	**14**	**23,50**	**40**	**400**	**5,20**	**8**	**11**	**18**	**20**	**17,10**

C'est encore par la combinaison *enzyme-substrat*, première étape de la réaction de déshydrogénation, que l'on peut expliquer ce phénomène. La fixation du donateur sur les centres actifs de l'enzyme, retardée sans doute par des questions de perméabilité cellulaire, doit, dans tous les cas, demander un certain temps pour s'effectuer. C'est ce temps qui est *économisé* lorsque la combinaison a eu le temps de s'effectuer avant l'addition du bleu de méthylène. La réaction globale peut ainsi se décomposer en deux phases : *a.* fixation et peut-être même activation du substrat par l'enzyme; *b.* transport de l'hydrogène sur le bleu. L'expérience montre que ces deux étapes peuvent être en partie dissociées.

A 15h45m l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à 16h15m.

E. P.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 18 JANVIER 1937.

PRÉSIDENCE DE M. EMMANUEL LECLAINCHE.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Président** annonce à l'Académie le décès de M. **Joseph Auclair**, Correspondant pour la Section de Mécanique, survenu à Saint-Léger-sur-Roanne (Loire) le 12 décembre 1936.

Notice nécrologique sur Joseph Auclair,
Correspondant pour la Section de Mécanique, par M. **Léon Lecornu**.

Joseph Auclair, qui vient de mourir subitement, était né à Roanne en 1881. Nous l'avions, en 1927, élu Correspondant pour la Section de Mécanique.

Successivement assistant au Laboratoire d'essais du Conservatoire des Arts et Métiers, puis attaché par Kœnigs au Laboratoire de Mécanique de la Faculté des Sciences, devenu enfin, à Bellevue, chef de l'un des Services de l'Office national des Recherches et Inventions, il était en même temps rapporteur très écouté à la Commission supérieure des Inventions.

On lui doit un remarquable accéléromètre réalisé, en collaboration avec Boyer-Guillon, pour analyser, notamment, l'influence des inégalités du sol sur les trépidations des automobiles. On lui doit aussi des expériences précises sur le fonctionnement des grandes courroies de transmission. Signalons encore sa part prépondérante dans l'organisation des épreuves de camions automoteurs munis de gazogènes ou d'accumulateurs.

Il venait, quand la mort l'a saisi, de terminer la publication d'un gros Mémoire relatant les études entreprises, à l'instigation de notre regretté

Confrère Mesnager, pour l'auscultation des déformations et des contraintes éprouvées par des modèles de voûtes ou de barrages.

Travailleur infatigable, doué d'un jugement très sûr en matière de Mécanique appliquée, sa disparition laisse à l'Office national un vide qui sera difficilement comblé.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Composition du bois des troncs et des branches de nos principaux arbres indigènes.* Note de MM. **Gabriel Bertrand** et **Georges Brooks.**

Malgré de nombreuses recherches sur la composition chimique immédiate du bois et des tissus végétaux lignifiés dont Payen, Poumarède et Figuier, Braconnot, Frémy, etc. ont été les initiateurs, on est encore très mal renseigné sur le nombre, la nature, la genèse et le mode d'association des principes dont le bois est constitué. On est seulement d'accord pour reconnaître qu'il s'agit là de problèmes très difficiles à résoudre.

Pour faciliter l'étude de ces problèmes et servir de guide à certaines utilisations de la substance ligneuse, nous avons appliqué les principes et les méthodes d'analyse exposés récemment par l'un de nous (1) au bois de 18 espèces d'arbres de notre pays : 13 espèces angiospermes et 5 gymnospermes (2).

L'examen comparatif des nombreuses données quantitatives que nous avons ainsi réunies permet de dégager un certain nombre de faits particulièrement intéressants.

Tout d'abord il existe de grandes différences entre les espèces végétales examinées, d'une part sous le rapport de la teneur en glucides facilement saccharifiables par hydrolyse acide, — il s'agit d'un chauffage à l'ébullition avec de l'acide sulfurique à 2 pour 100, — d'autre part sous le rapport de la teneur en cellulose pure. On saisit très bien ces différences en jetant les yeux sur le tableau résumé ci-dessous dans lequel sont réunies, par ordre croissant : 1° les teneurs en glucides facilement saccharifiables, exprimées

(1) Gab. Bertrand, *Ann. Office nat. Combust. liquid.*, 2, 1936, p. 191-209; Mémoire reproduit sans la planche en couleurs dans *Ann. des Fermentat.*, 1, 1936, p. 577.

(2) Cette division résulte de la différence fondamentale, découverte en 1899 (Gab. Bertrand, *Comptes rendus*, 129, 1899, p. 1025) et confirmée par d'autres chercheurs, dans la composition chimique du bois de ces deux groupes de végétaux.

en xylose pour les espèces angiospermes et en mannose pour les espèces gymnospermes, et 2° les teneurs en cellulose pure [1].

Espèce.	Xylose (Angiosp.).	Mannose (Gymnosp.).	Espèce.	Cellulose (Angiosp.).	Cellulose (Gymnosp.).
Peuplier...........	14,40	–	Frêne..............	42,30	–
Châtaignier.........	14,70	–	Chêne rouvre.......	46,15	–
Tilleul.............	22,10	–	Chêne pédonculé....	46,80	–
Sapin pectiné.......	–	22,45	Hêtre..............	47,50	–
Érable champêtre...	22,80	–	Châtaignier.........	47,75	–
Chêne rouvre.......	23,80	–	Érable champêtre...	48,30	–
Pin maritime.......	–	26,45	Tremble...........	48,40	–
Mélèze.............	–	26,65	Aulne..............	48,55	–
Tremble...........	26,95	–	Mélèze.............	–	48,70
Pin sylvestre.......	–	27,40	Bouleau............	48,95	–
Érable sycomore....	27,85	–	Érable sycomore....	49,80	–
Chêne pédonculé....	28,30	–	Peuplier...........	50,15	–
Épicéa.............	–	31,00	Sapin pectiné.......	–	50,50
Charme............	31,80	–	Charme............	51,05	–
Frêne..............	32,50	–	Pin maritime.......	–	51,30
Bouleau............	32,60	–	Épicéa.............	–	51,60
Hêtre..............	33,10	–	Tilleul.............	52,50	–
Aulne..............	34,10	–	Pin sylvestre.......	–	55,10

On voit que, par hydrolyse acide ménagée, les bois de troncs de nos principales espèces d'arbres angiospermes fournissent des proportions de sucres réducteurs, formés essentiellement ici de xylose non fermentescible, variant d'environ 15 à 34 pour 100, tandis que les bois de troncs de nos espèces les plus communes d'arbres gymnospermes donnent des proportions de sucres réducteurs, constitués surtout de mannose fermentescible, allant d'environ 22,5 à 31 pour 100.

Des espèces très voisines, appartenant par exemple au même genre botanique, peuvent se ressembler beaucoup sous le rapport de la teneur en cellulose, comme il est facile de le constater en comparant le chêne rouvre et le chêne pédonculé, ou bien l'érable champêtre et l'érable sycomore; mais ce n'est pas une règle absolue. C'est ainsi que le pin sylvestre renferme une proportion de cellulose plus élevée que le pin maritime et loin d'être négligeable au point de vue industriel.

(1) On trouvera les détails et les tableaux complets des résultats dans un prochain Mémoire.

Un autre fait, de caractère très général, est à rapprocher des différences précédentes : c'est la variation de la teneur en glucides facilement hydrolysables et en cellulose quand on passe du bois des troncs à celui des branches que nous avons analysés comparativement. Les branches sont notablement plus riches que les troncs en glucides aisément saccharifiables, aussi bien chez les gymnospermes que chez les angiospermes. Tandis que nous avons obtenu de 14,5 à 34 pour 100 de sucres réducteurs par l'hydrolyse modérée des bois de tronc, ces proportions se sont élevées entre 27 et 52 pour 100 lorsque nous avons opéré sur les bois de branche des mêmes arbres.

Inversement, les branches renferment moins de cellulose. Au lieu de 42,5 à 55 pour 100 dans les bois de tronc, il n'en a été trouvé que de 35,5 à 50,5 dans ceux des branches.

Les différences quantitatives remarquables dans la composition immédiate des branches et du tronc sont nécessairement liées à des modifications générales du chimisme de ces parties du végétal. Aussi les retrouve-t-on quand on examine d'autres substances que les glucides aisément saccharifiables et la cellulose.

C'est ainsi que l'on obtient toujours plus de cendres avec le bois des branches qu'avec celui du tronc (de 0,40 à 1,20 pour 100 dans le premier cas et de 0,20 à 0,96 dans le second). Il y a aussi, en général, un peu plus d'azote.

Il est très probable que les différences de composition entre le bois des branches et celui des troncs tiennent surtout à la différence d'âge de ces bois; elles donneraient ainsi un aperçu des changements qui sont apportés par les processus de lignification.

Quant aux résultats en eux-mêmes, ils peuvent être utilisés soit en vue de la fabrication de la cellulose et de ses dérivés, soit en vue de la transformation du bois en alcool ou, comme on l'a récemment proposé, en sucres alimentaires.

NOMINATIONS.

M. **Albert Caquot** est désigné pour représenter l'Académie au *Comité National pour la Mécanique du Sol*, constitué par le Ministère de l'Éducation nationale.

ÉLECTIONS.

M. **Georges Bouligand** est élu Correspondant pour la Section de Mécanique par 38 suffrages contre 2 à M. *Robert d'Adhémar*.

CORRESPONDANCE.

Le **Comité National Français**, organisé par le **Comité France-Amérique**, prie l'Académie de se faire représenter dans la *Mission Nationale Française Cavelier de la Salle*, qui se rendra aux États-Unis et au Canada, à Pâques 1937, pour commémorer le 250e anniversaire de la mort de Robert Cavelier de la Salle, le 300e anniversaire de la naissance du Père Jacques Marquette et la fondation de *Mobile*, capitale de l'Alabama, par Le Moyne d'Iberville.

MM. **Daniel Bovet** et **Lucien Chadenson** adressent des remerciements pour les distinctions que l'Académie a accordées à leurs travaux.

M. **Jean Chazy** prie l'Académie de vouloir bien le compter au nombre des candidats à la place vacante dans la Section d'Astronomie par le décès de M. *M. Hamy*.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

Una pipa de ceramica prehispanica con decoracion grabada del Uruguay, por Mario A. Fontana.

GÉOMÉTRIE PROJECTIVE DIFFÉRENTIELLE. — *Configurations* (T) *admettant une infinité de transformations de Calapso.* Note de M. **Serge Finikoff.**

1. Une *configuration* (T) est l'ensemble des quatre congruences engendrées par les arêtes d'un quadrilatère gauche $M_1M_2M_3M_4$, les sommets du quadrilatère étant les foyers de ces congruences [1]. *Une nouvelle configuration* (T^*), ($M_1^*M_2^*M_3^*M_4^*$), *est dite transformée de Calapso de* (T) [2], s'il existe ∞^2 *quadriques* dont les caractéristiques relatives à deux déplacements principaux sont respectivement M_1M_2, M_3M_4, $M_4^*M_1^*$, $M_2^*M_3^*$ et M_4M_1, M_2M_3, $M_1^*M_2^*$, $M_3^*M_4^*$. Une configuration (T) *quelconque* possède *deux* transformées (T^*).

2. M. Buchin Su [3] a montré qu'il existe des configurations (T) *spéciales* admettant ∞^2 transformées; elles se divisent en deux classes : 1° *les suites de Laplace périodiques* (T_4), *de période* 4, *contenant quatre congruences de Wilczynski;* 2° *les configurations* (T′) *telles que les diagonales* M_1M_3, M_2M_4 *engendrent un couple stratifiable et que les développables opposées de la configuration*, (M_1M_2) *et* (M_3M_4) *par exemple, se correspondent de sorte que la développable dont l'arête est sur* (M_1) *corresponde à celle dont l'arête est sur* (M_3) *et vice versa.*

3. Or, si les diagonales d'une configuration (T) engendrent un couple stratifiable, les congruences de la configuration appartiennent au système de Bianchi attaché au couple; *donc la configuration* (T′) *de la seconde classe de Buchin Su contient* 4 *congruences* W *en configuration du théorème de Bianchi sur la permutabilité des transformations asymptotiques.* D'autre part dans mon premier Mémoire cité plus haut, j'ai étudié les configurations (T) dont les développables d'un couple opposé se correspondent comme il a été indiqué et j'ai trouvé deux classes de configurations non dégénérées : 1° *les suites de Laplace de période* 4; 2° *les configurations* (T) *dont le second couple de congruences opposées appartient à un complexe linéaire.*

Par suite les configurations (T′) *découvertes par M. Buchin Su contiennent*

---

(1) S. Finikoff, *Annali d. Scuola Norm. Sup. di Pisa*, 2e série, 2, 1933, p. 59-88.

(2) R. Calapso, *Comptes rendus de l'U. R. S. S.*, 2, 1935, p. 441; *Recueil Math. de Moscou*, 42, 1935, p. 451-472; S. Finikoff, *Comptes rendus*, 202, 1936, p. 548.

(3) Buchin Su, *Journal of Chin. Math. Soc.*, 1, 1936, p. 174-206.

4 congruences dont chaque paire de congruences opposées appartiennent à un complexe linéaire et cette propriété les caractérise. Les configurations (T_4) rentrent, comme cas particulier, dans la classe (T').

A chaque congruence appartenant à un complexe linéaire, on peut attacher deux congruences d'un autre complexe linéaire constituant avec la première une configuration (T), et la quatrième congruence de la configuration appartient au même complexe que la première. Les diagonales appartiennent à chaque complexe, donc engendrent la même congruence linéaire. Toutes les configurations transformées de Calapso appartiennent à la même classe (T').

MÉCANIQUE DES FLUIDES. — *Sur les formes ondulées des tourbillons en bandes longitudinales.* Note de M. DOUCHAN AVSEC, présentée par M. Henri Villat.

On connaît les deux formes principales de tourbillons thermoconvectifs, à savoir : les tourbillons cellulaires polygonaux (type de Bénard) et les tourbillons en bandes longitudinales [type de Idrac-Rayleigh (¹)]. En suivant le mécanisme de transformation selon lequel les tourbillons hexagonaux se transforment en tourbillons longitudinaux, on observe toute une série de formes intermédiaires. Elles ont été signalées par A. C. Phillips et Sir G. T. Walker (²) et par A. Graham (³).

Les tourbillons en bandes sont, en général, parfaitement rectilignes, mais il y a des cas, où les parois latérales des bandes prennent la forme ondulée. Deux causes distinctes peuvent contribuer à provoquer cette ondulation :

1° l'augmentation considérable de la différence des températures de deux faces de la lame fluide, divisée au préalable en bandes rectilignes;

2° l'accélération ou le ralentissement du mouvement général de la lame fluide, au sein de laquelle les tourbillons hexagonaux et les tourbillons en bandes rectilignes, respectivement, se sont formés.

Voici des explications essentielles :

1° Quand le mouvement général de la couche d'air est uniforme et que la

(¹) L'expression a été proposée par M. H. Bénard au Congrès d'Edimbourg de l'Union Internationale de Géodésie et Géophysique (sept. 1936).

(²) *Quart. Jour. Roy. Mets. Soc.*, 53, 1932, p. 23-30.

(³) *Phil. Trans. Roy. Soc.*, London, A. 232, 1933, p. 285-296.

différence des températures de ses deux faces est modérée, les tourbillons en bandes longitudinales sont rectilignes. Si l'on pousse le chauffage plus loin, le mouvement interne devient plus vif, ce qui provoque l'ondulation sinusoïdale des bandes. L'amplitude des oscillations augmente avec la différence des températures. On peut la faire croître à tel point que le mouvement tourbillonnaire désorganisé vienne remplacer le mouvement organisé.

La figure 1 représente une telle formation (nombre des bandes : $n=6$;

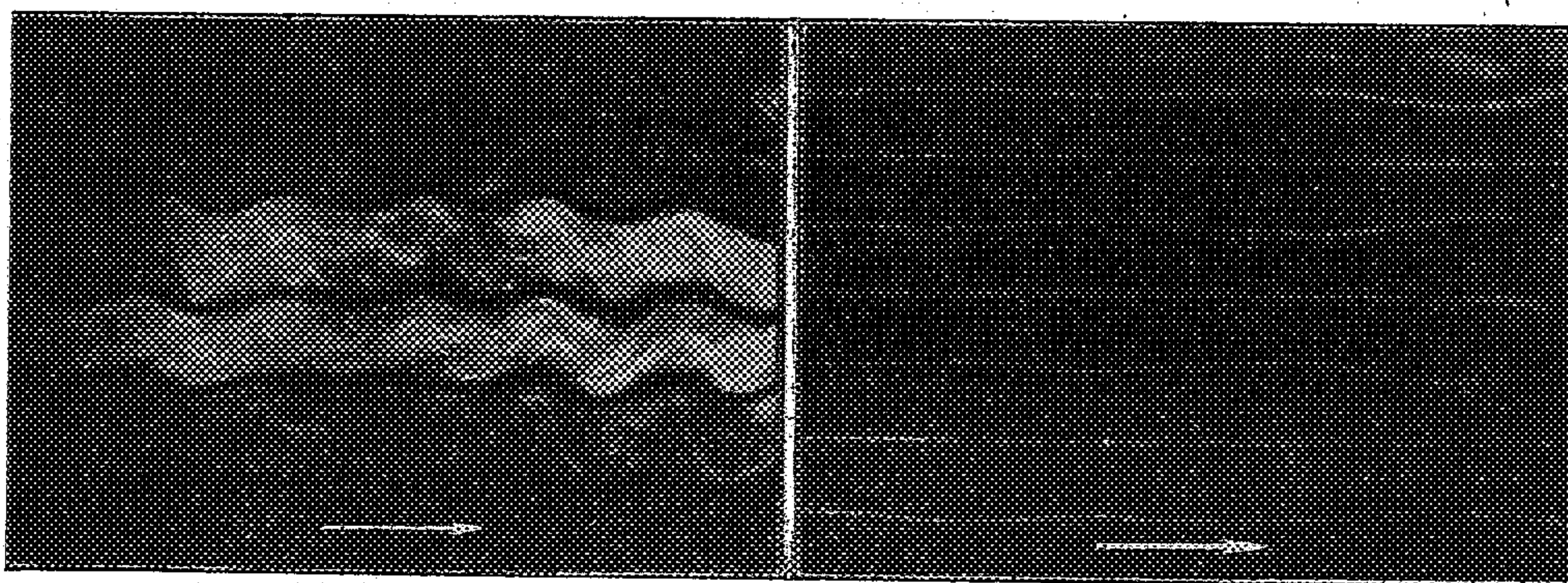


Fig. 1. Fig. 2.

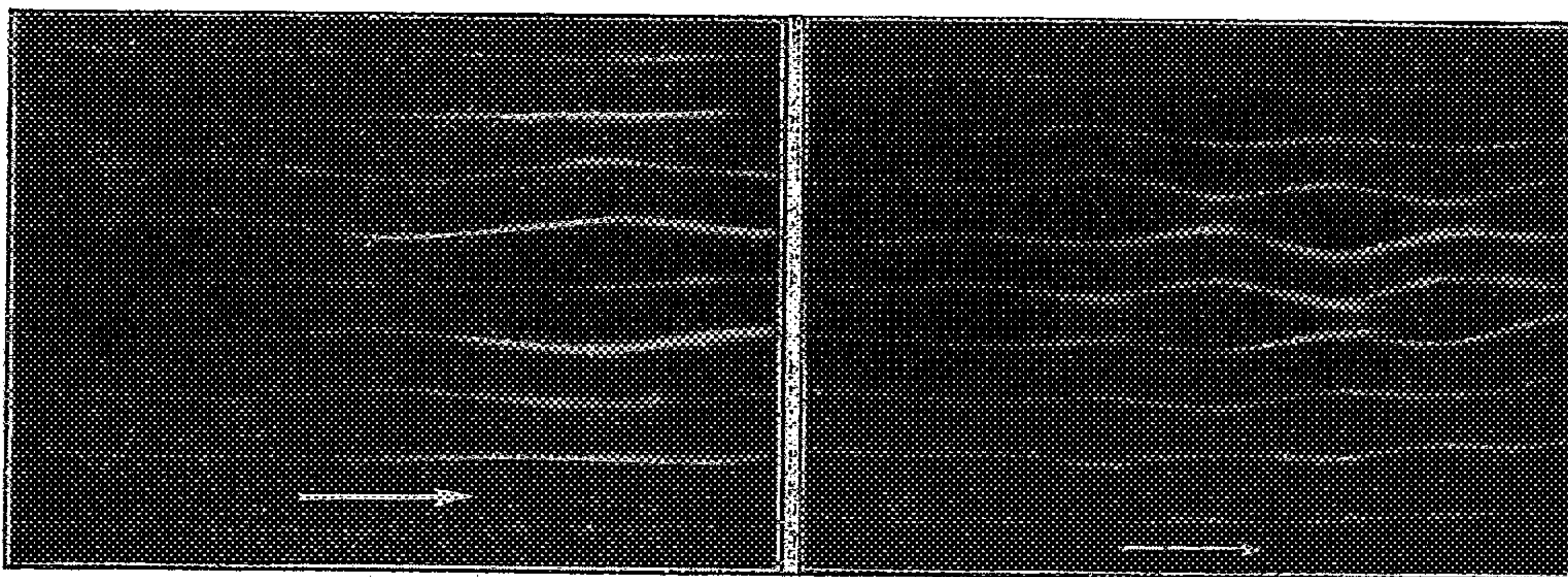


Fig. 3. Fig. 4.

largeur du canal : $L = 300^{mm}$; hauteur du canal : $h = 30^{mm}$). Les propriétés caractéristiques sont que la largeur de chaque bande est constante et que les trajectoires du mouvement interne coïncident avec la forme extérieure de bandes ondulées.

2° Quand on ralentit la vitesse générale avec laquelle se meuvent les tourbillons en bandes rectilignes le long du canal, leurs parois latérales

tendent à prendre des formes ondulées dont les plus caractéristiques sont représentées par les figures 2, 3 et 4.

Figure 2 ($n=8$; $L=352^{mm}$; $h=40^{mm}$); les parois verticales qui séparent deux couples tourbillonnaires (un couple tourbillonnaire est composé de deux rouleaux) et qui indiquent les courants ascendants, restent rectilignes; au contraire, les parois séparant deux rouleaux du même couple tourbillonnaire et qui coïncident avec le mouvement descendant, sont ondulées. A. Graham a signalé une forme pareille, lorsqu'il a suivi la transformation des cellules hexagonales en bandes rectilignes.

En dehors de cette forme, j'ai observé et photographié encore d'autres formations intéressantes.

Figure 3 ($n=10$; $L=300^{mm}$; $h=30^{mm}$); entre deux rouleaux décrits tout à l'heure, s'intercale une bande sinusoïdale.

Figure 4 ($n=10$; $L=300^{mm}$; $h=30^{mm}$); entre les bandes, qui consistent en une suite alternée de régions gonflées et de régions rétrécies, s'intercale une bande sinusoïdale.

Nulle prévision ne peut actuellement être donnée pour l'apparition de l'une ou de l'autre de ces formations; tout est dû au hasard.

Enfin on remarquera la similitude de ces formes ondulées avec des phénomènes que G. I. Taylor (1) a observés dans ses expériences, avec un liquide compris entre deux cylindres tournants.

PHYSIQUE MATHÉMATIQUE. — *Sur une théorie synthétique de la gravitation et de l'électromagnétisme.* Note de M. **Jean Hély**, présentée par M. Ernest Esclangon.

Nous avons récemment proposé (2) une théorie particulière et synthétique de Relativité. La partie électrique de cette théorie ayant suscité quelques observations, il nous est apparu que notre conception de la dynamique pouvait encore être simplifiée (3) et rendue ainsi plus satisfaisante. D'une manière plus précise, les expressions suivantes du potentiel quadri-

(1) *Phil. Trans. Roy. Soc.*, London, A, **223**, 1923, p. 289-343.
(2) *Comptes rendus*, **202**, 1936, p. 1659.
(3) En faisant tendre vers zéro les constantes B.

vecteur $\overline{\psi}$ et de la fonction de force gravifique Φ

$$\overline{\psi} = \sum \frac{q\,\overline{ds_q}}{\overline{qp}\,ds^q}.$$

$$\Phi = \varphi + 3\varphi^2 \qquad \text{avec } \varphi = \frac{K}{c^2} \sum \frac{M_0\,ds_{M_0}}{\overline{M_0 P}\,ds_{M_0}},$$

dans lesquelles P désigne le point où l'on se propose de calculer les potentiels, $\overline{qP}$ et $\overline{M_0P}$ des quadrivecteurs d'hyperlongueur nulle, paraissent devoir être préférées à celles précédemment indiquées.

Ces nouvelles valeurs une fois admises, l'expression de l'élément d'action du mobile m_0, e

$$m_0 c^2\, ds_{m_0} \sqrt{1 - 2\Phi} + e\, \overline{ds_{m_0}}\, \overline{\psi}$$

reste inchangée.

La nouvelle expression de $\overline{\Phi}$ n'est pas autre chose que la traduction, en langage vectoriel, des formules de Liénard, et a déjà été indiquée par M. von Laüe dans son livre *La Théorie de la Relativité*. Quant à la nouvelle expression de Φ, elle est caractérisée par la substitution, à notre ancien quadrivecteur unité $\overline{1_{M_0}}$, du nouveau quadrivecteur également unitaire

$$\frac{\overline{ds_{M_0}}}{ds_{M_0}}.$$

Cette substitution n'altère pas l'application, qui a été faite, de la théorie à la recherche des orbites des planètes (¹).

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *Sur la convergence et l'achromatisation des systèmes centrés de l'optique électronique.* Note de M. MAURICE COTTE, présentée par M. Louis de Broglie.

On sait qu'un système centré sans charge d'espace, utilisant des électrons ou des ions lents, est toujours convergent (²) et n'est pas achromatique (³).

Ces deux propriétés subsistent pour des particules *rapides*, et aussi dans

(¹) *Comptes rendus*, 202, 1936, p. 1903.
(²) W. GLASER, *Zeitschrift für Physik*, 81, 1933, p. 656.
(³) O. SCHERZER, *Zeitschrift für Physik*, 101, 1936, p. 593.

le cas où existent des charges d'espace de signe contraire. En effet, à l'approximation relativiste, on peut décrire une famille de rayons de Gauss par l'équation

$$\frac{d}{dz}\left(n\frac{dr}{dz}\right)=\frac{r}{2}\frac{\alpha}{n}, \tag{1}$$

où r désigne la distance d'un point du rayon à l'axe du système que l'on a pris pour axe des z. On a posé

$$\left\{\begin{array}{l} n=\sqrt{(V_0-V)(V_0+2\eta c^2-V)},\\ \alpha=(V_0+\eta c^2-V)(V''+4\pi\rho)-\frac{1}{2}H^2, \end{array}\right. \tag{2}$$

V_0 désigne le potentiel électrique en un point où les particules auraient perdu toute vitesse; V, H, ρ le potentiel électrique, le champ magnétique, et la densité de charge d'espace au point de l'axe d'abscisse z; V'', la dérivée seconde de V par rapport à z; c, la vitesse de la lumière; η, le rapport m/e quotient de la masse de la particule par sa charge, comptée algébriquement.

Nous supposerons que n n'est jamais nul, c'est-à-dire qu'il ne se produit nulle part de réflexion des particules. La substitution

$$r=\frac{y}{\sqrt{n(z)}}, \tag{3}$$

conduit à l'équation plus simple

$$y''+\sigma(z)y=0 \tag{4}$$

avec

$$\sigma(z)=\frac{3n'^2}{4n^2}+\frac{H^2}{4n^2}+\frac{V'^2}{2n^2}-\frac{2\pi\rho(V_0-V+\eta c^2)}{n^2}. \tag{5}$$

Convergence. — Appliquons cette formule, due à M. Glaser, à une particule chargée positivement, et à une valeur nulle ou négative de ρ; alors, puisque η et V_0-V sont positifs, $\sigma(z)$ est positif : le système est convergent. Pour une particule chargée négativement, et une valeur ρ nulle ou positive, η et V_0-V sont négatifs, et le système est encore convergent.

Aberrations chromatiques. — Considérons les deux équations

$$y''+\sigma_1(z)y=0$$

et

$$y''+\sigma_2(z)y=0,$$

où l'on suppose $\sigma_1(z)>\sigma_2(z)>0$, quel que soit z, et les solutions de ces

équations définies par les mêmes valeurs initiales :

$$y(z_0) = 0, \qquad y'(z_0) = 1.$$

La solution de la première équation, soit y_1, s'annule à nouveau avant la solution de la deuxième équation, soit y_2; en effet, la dérivée seconde de $\log y_1/y_2$ est négative, ce qui montre que la courbe $y_1(z)$ est située au-dessous de la courbe $y_2(z)$, tant que $y_2(z)$ n'est pas nul.

Donc, si pour toute valeur de z, $d\sigma(z)/dV_0$ a un signe constant, des particules de vitesse différentes issues d'un point ne convergeront pas au même point; le système ne sera pas achromatique. C'est ce que l'on vérifie :

1° pour des rayons formés de particules positives, même rapides, et une charge d'espace nulle ou négative, car la dérivée par rapport à V_0 de chacun des quatre termes formant $\sigma(z)$ est constamment négative;

2° pour des rayons formés de particules négatives, même rapides et une charge d'espace nulle ou positive, car la dérivée par rapport à V_0 de chacun des quatre termes formant $\sigma(z)$ est constamment positive.

Si la charge d'espace a le même signe que la charge des particules, le système n'est plus forcément convergent et peut être achromatisé.

Par exemple imposons-nous pour cela la condition suffisante, mais non nécessaire, $d\sigma(z)/dV_0 \equiv 0$; les calculs sont simples pour les électrons lents et conduisent à la condition

$$(6) \qquad 3V'^2 + \left(8\pi c^2\rho + \frac{e}{mc^2}H^2\right)(V_0 - V) = 0.$$

Celle-ci, rapprochée de l'expression de $\sigma(z)$ qui est alors

$$(7) \qquad \sigma(z) = \frac{3}{16}\frac{V'^2}{(V_0 - V)^2} + \frac{e}{8mc^2}\frac{H^2}{(V_0 - V)} + \frac{\pi c^2\rho}{V_0 - V},$$

montre que le système est divergent.

ÉLECTROCHIMIE. — *Application du polissage électrolytique à l'étude des dépôts métalliques.* Note de M. **Pierre Jacquet**, présentée par M. Georges Urbain.

La structure des dépôts très minces, obtenus en particulier par la voie électrolytique, ne peut être étudiée que par la diffraction des rayons X ou des électrons. Cette dernière méthode a permis de montrer que les cristaux du métal utilisé comme support exercent une influence orientante sur les

premières couches de beaucoup de métaux déposés électrolytiquement (1). L'examen micrographique d'une cathode recouverte d'un dépôt mince a déjà été tenté (2), mais il est difficile, car il nécessite que la surface sur laquelle on effectue le dépôt, soit parfaitement lisse et brillante. Le polissage permet d'obtenir une telle surface, mais l'expérience a déjà montré que sur ce type de cathode la répartition des premiers germes du dépôt est absolument quelconque, la nature cristalline du métal servant de support ayant été détruite par l'action mécanique accompagnant le polissage (3). Une surface polie puis décapée possède une structure cristalline mais n'est pas parfaitement plane.

La nouvelle méthode de polissage récemment décrite (4) donne des surfaces lisses, brillantes et très propres, sans que la structure du métal soit altérée : ces surfaces constituent donc des cathodes idéales pour l'étude micrographique de la répartition des premiers germes d'un dépôt. Dans le cas particulier du cuivre, déposé à partir d'un bain de sulfate de cuivre additionné d'acide sulfurique, sur une cathode polycristalline du même métal (cuivre electrolytique épais ou cuivre coulé), les résultats obtenus peuvent se résumer de la façon suivante :

1° *Dépôt à faible intensité* (40 à 100 milliampères par dm^2). — *a*. Il existe des endroits cathodiques privilégiés sur lesquels le dépôt apparaît dès le début : ce sont les limites de tous les grains cristallins et la surface de certains de ces grains. Par contre, d'autres grains ne présentent aucune trace de dépôt, même après une électrolyse prolongée.

b. Sur les grains privilégiés, le dépôt ne se répartit pas d'une manière quelconque, il met en évidence des éléments de structure intercristalline, identiques à ceux que l'on observe lorsqu'on examine, après polissage et attaque anodiques dans les conditions déjà décrites (4), une surface de même nature que celle utilisée comme cathode. Ces observations sont surtout très nettes lorsque la cathode est du cuivre électrolytique épais soigneusement préparé. Sur une telle surface, le dépôt d'une très faible quantité de cuivre, aussi bien que l'attaque anodique, met en évidence

(1) G. I. Finch et C. H. Sun, *Trans. Faraday Soc.*, 32, 1936, p. 852; W. Cochrane, *Proc. Phys. Soc.*, 48, 1936, p. 723.

(2) J. Billiter, *Prinzipien der Galvanotechnik*, Vienne, 1934, p. 21.

(3) Voir par exemple C. S. Lees, *Trans. Faraday Soc.*, 31, 1935, p. 1102.

(4) P. Jacquet, *Bull. Soc. Chimique de France*, 5e série, 3, 1936, p. 705.

dans certains grains cristallins un système de dentrites présentant une symétrie particulière.

c. Lorsque l'électrolyse est très prolongée, toute la cathode est recouverte de dépôt dont la structure n'est pas rigoureusement la même sur tous les grains.

2° *Dépôt à forte intensité* (0,5 à 1 ampère par dm²). — *a.* Tous les grains de la cathode se recouvrent de dépôt dès le début.

b. Lorsque le support est constitué de cuivre électrolytique, et pour des durées d'électrolyse très courtes, on constate que sur certains grains cristallins le dépôt apparaît en formant des figures géométriques régulières dont la disposition générale reproduit le système dendritique signalé plus haut.

c. Si le dépôt est suffisamment épais, l'aspect de la cathode diffère en général assez peu de celui que l'on observe après une électrolyse prolongée à faible intensité.

3° Plusieurs faits expérimentaux permettent de penser que dans le cas d'une cathode constituée de cuivre électrolytique épais, les grains les plus difficiles à recouvrir, lorsque l'électrolyse est faite à faible intensité, sont ceux pour lesquels les plans cristallographiques correspondant à la face d'accroissement vertical du cristal sont parallèles à la surface sur laquelle s'effectue le dépôt. Les grains privilégiés étant ceux pour lesquels ce parallélisme n'existe pas, et dans ce cas l'accroissement du cristal est une sorte de phénomène de cicatrisation.

Conclusion. — Sur une cathode de cuivre polycristalline les divers cristaux ne sont pas équivalents au point de vue de la répartition initiale d'un dépôt du même métal effectué à faible densité de courant. Ces différences paraissent liées à l'orientation de certains plans cristallins par rapport à la surface de la cathode. Les endroits privilégiés correspondent toujours à des hétérogénéités (limites des grains, plans cristallographiques brisés, systèmes dendritiques). Ces résultats s'accordent bien avec la notion de centres actifs sur une cathode métallique [1].

---

[1] Voir par exemple, N. Thon, *L'électrolyse et la polarisation électrolytique*, Paris, 1934.

RADIOACTIVITÉ. — *Sur les spectres magnétiques α dans la famille de l'actinium.* Note [1] de MM. Salomon Rosenblum, Marcel Guillot et Mlle Marguerite Perey, présentée par M. Aimé Cotton.

Nous avons utilisé un dispositif [2] perfectionné comme il suit : 1° trois compteurs solidaires de la même vis micrométrique, permettent l'étude simultanée de plusieurs régions spectrales; 2° une paroi métallique placée au voisinage de la source, et refroidie par l'azote liquide, sert à condenser l'actinon (et son dépôt actif). Ainsi le *mouvement propre* de l'appareil dû au dégagement d'actinon a été réduit de 90 pour 100. Nous avons donc pu utiliser, malgré les gaz qu'elles dégagent, des sources plus actives et moins épaisses. La finesse des raies a été améliorée.

Certaines mesures faites avec les compteurs ont pu être contrôlées par la photographie. Les principaux résultats sont donnés dans le Tableau (Rd Ac) et les schémas suivants. Dans ces derniers, la longueur des traits indique l'intensité des raies.

Rd Ac.

Raies		Compteur			Photographie	Énergies	Raies		Compteur			Photographie	Énergies
ancienne.	nouvelle.	Hρ.	E corrigée ekV.	ΔE.	ΔE.	γ (4).	ancienne.	nouvelle.	Hρ.	E corrigée ekV.	ΔE.	ΔE.	γ (4)
α_0	A	35374	6138,4	–	–	–	α_6	C_a	34690	5904	235	–	–
α_1	A_a	35287	6108,4	30	–	30,5		C_{a_1}	34654	5891	247	–	–
α_2	B	35197	6077,4	61	61	61		C_{a_2}	34617	5879	260	–	–
α_3	B_a	35139	5057	81	–	80	α_7	D	34534	5850,7	288	289	(281 ?)
	B_{a_1}	35094	5042	96	–	–	α_8	D_a	34487	5834,5	304	–	304
α_4	B_b	35024	6018	120	–	–	α_8	D_{a_1}	34458	5825	(313)	–	–
α_4	B_{b_1}	34981	6003	135	–	–	α_9	E	34393	5803,0	335	332	332
α_5	C	34869	5964,7	174	171	173	α_{10}	E_a	34241	5752	386	–	378 ?
α_5	C_1	34801	5942	197	–	–							
	C_2	34740	5921	217	–	219							

La vitesse du groupe α_0(A) du Rd Ac a été déterminée par comparaison avec celle de la raie α_0 du ThC, de vitesse connue et très voisine. Nous admettons provisoirement $V\alpha_0 \text{ThC} = V_A \text{RdAc}(1{,}0015 \pm 0{,}0007)$. Par

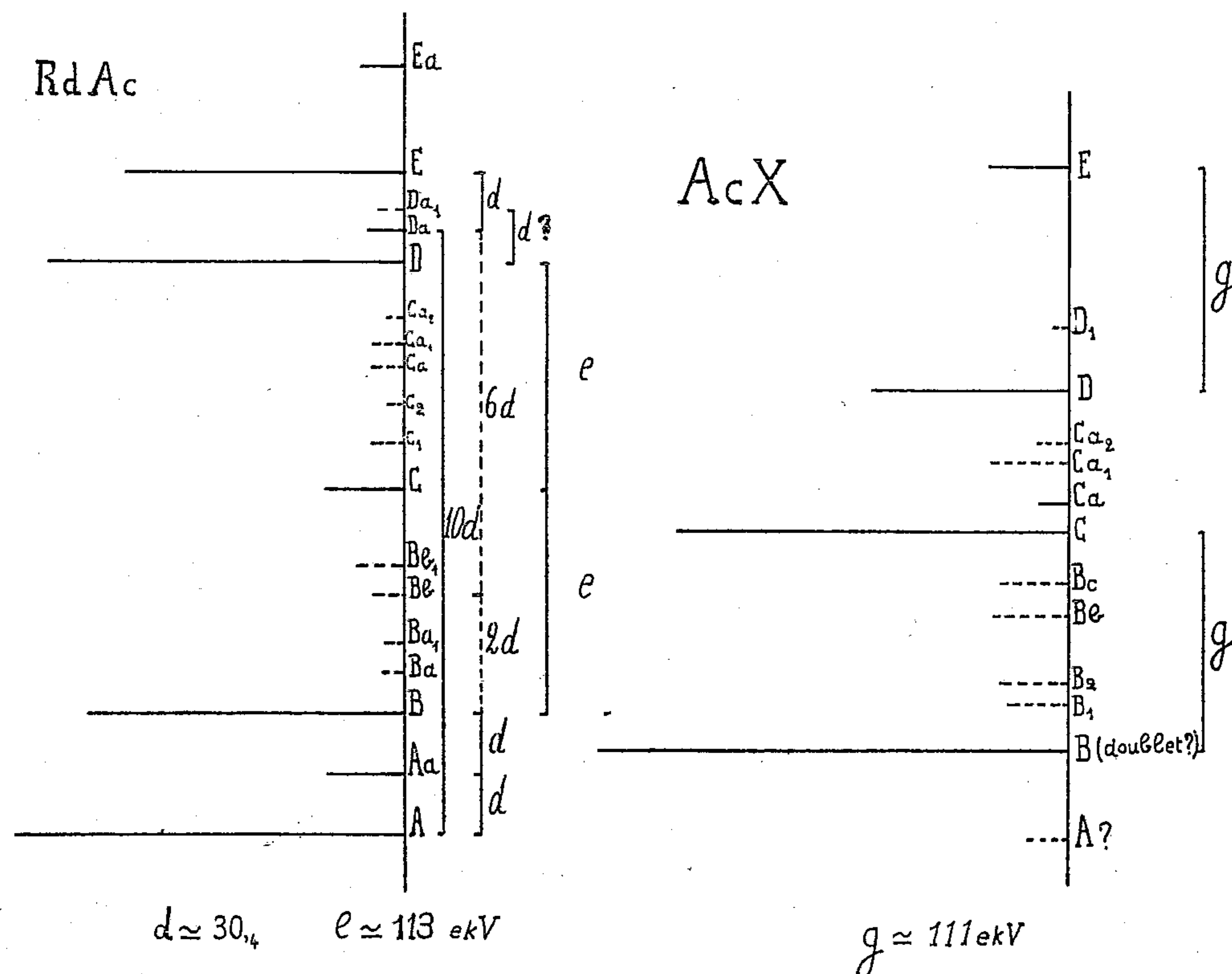
---

(1) Séance du 11 janvier 1937.

(2) *Comptes rendus*, 202, 1936, p. 1274.

analogie avec les règles de classement des raies β (¹) nous désignons par A, B, ..., les raies principales, par A_a, A_b, ..., les raies moyennes et par A_{a_1}, A_{a_2}, ..., les raies faibles dont il faudrait peut être confirmer l'existence.

La raie α_3(E) de l'AcX (²) a été retrouvée par photographie, Nous indi-



quons dans le même spectre une cinquième raie Ca de faible intensité (voir schéma) et d'autres raies faibles moins bien déterminées (en pointillé).

Pour le RdAc, nous avons observé plusieurs raies nouvelles. Mais ces raies empiètent parfois les unes sur les autres et nous indiquons, en caractères maigres, toutes celles dont la position exacte devra être déterminée avec plus de précision. Le fait d'avoir éliminé le mouvement propre supprime pratiquement le voile photographique, de sorte qu'une confirmation par photographie deviendrait possible. Il y aurait grand avantage à disposer pour cela d'un aimant permanent, qui à l'heure actuelle serait technique-

(¹) Ellis, *Nature*, 129, 1932, p. 276.
(²) *Comptes rendus*, 202, 1936, p. 1274.

ment réalisable même pour l'étude des spectres α. On pourrait, dans ce cas, aborder l'étude de certains corps à vie plus longue.

La coïncidence des intervalles énergétiques α avec les énergies γ correspondantes est en général satisfaisante pour les raies principales du RdAc. Toutefois, nous ne faisons pas correspondre le rayonnement γ 281 admis par Jean Surugue ([1]) à l'intervalle AD = 288, l'écart dépassant l'erreur que nous pouvons admettre actuellement. Enfin, le fait que la raie B (α_0) de l'AcX est très voisine de la raie E(α_0) du RdAc gêne la détermination de leurs positions respectives. Nous attribuons donc à l'intervalle AE la valeur moyenne obtenue par photographie et par le compteur, soit 333 ekV qui correspondrait à celle du rayonnement γ de 332 ekV.

Le cas de AcX est plus délicat à interpréter.

Nous croyons utile d'insister sur les régularités qui existent dans la succession des niveaux, régularités qu'il nous paraît difficile d'attribuer au hasard.

a. Pour l'actinon, les intervalles principaux sont : $266 = 133 \times 2$ et $400 \sim 133 \times 3$ de même que dans le ThC on avait $327 \sim 164 \times 2$; $491 \sim 164 \times 3$; $287 = 144 \times 2$; $432 = 144 \times 3$; $577 \sim 144 \times 4$.

b. Dans le RdAc et l'AcX ([2]), certains intervalles se trouvent plusieurs fois répétés (voir schémas). De plus remarquons que l'intervalle 288 paraît commun au RdAc et au ThC (et peut-être à l'AcX).

Les résultats actuels ne nous permettent toutefois pas de dire si cette régularité est rigoureuse et générale. Il sera pour cela nécessaire de pouvoir déterminer les intervalles à moins de 1 ekV près.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Spectre d'absorption infrarouge et structure moléculaire de l'acide pyruvique*. Note de M. Paul Bayard, présentée par M. Georges Urbain.

Avec l'appareil déjà utilisé par M. Corin, nous avons étudié le spectre d'absorption infrarouge, entre $0^{\mu},8$ et $2^{\mu},5$, de l'acide pyruvique et de quelques autres composés. Cette étude avait pour but de rechercher s'il existait réellement dans cet acide les deux formes tautomères cétonique et énolique sous lesquelles il peut se présenter.

([1]) *Thèse*, Paris, 1936, p. 67.

([2]) Rosenblum, *Comptes rendus*, 202, 1936, p. 943.

Nous avons trouvé 12 bandes dont les positions sont les suivantes :

μ.	1,00.	1,03.	1,16.	1,27.	1,34.	1,47.	1,57.	1,71.	1,79.	1,96.	2,15.	2,27.
cm^{-1}	10000	9710	8620	7870	7460	6800	6370	5850	5590	5100	4650	4400

Pour rechercher l'attribution à donner à ces différentes bandes, nous faisons la comparaison :

1° avec les bandes que les autres auteurs attribuent aux différentes liaisons;

2° avec les harmoniques des fréquences fondamentales données par le spectre Raman (K. W. F. Kohlrausch et A. Pongratz, *Ber.*, 66, p. 1355);

3° avec les bandes de molécules analogues que nous avons étudiées.

Nous avons choisi pour cela des produits présentant les mêmes fonctions que les formes cétonique et énolique de l'acide pyruvique. Ce sont : les acides propionique et acrylique; les alcools propylique normal, isopropylique, allylique et la glycérine; la propaldéhyde et l'acroléine, l'acétone et l'hexane. Nos résultats sont consignés dans le tableau suivant :

Groupe...........	CH.	?	CO.	C=C.	?	CO.	OH.	CH.	COOH.	CH.	CH.	CH.
Alcool *n*-propylique.	–	1,02	–	–	–	–	1,57	1,74	–	–	2,10	–
Alcool isopropylique.	1,00	–	–	–	–	–	1,53	1,74	–	1,96	2,08	2,31
Alcool allylique.....	0,99	–	–	1,26	–	–	–	–	–	1,98	2,10	2,30
Glycérine...........	–	1,02	–	–	–	–	1,54	1,75	–	1,93	–	2,30
Acide pyruvique.....	1,00	1,03	1,16	1,27	1,34	1,47	1,57	1,71	1,79	1,96	2,15	2,27
Acide propionique...	0,97	1,03	1,18	–	–	1,45	–	–	1,77	1,97	2,10	–
Acide acrylique.....	1,01	–	1,19	–	1,38	1,46	–	1,68	–	1,93	2,12	2,28
Acroléine...........	–	–	–	1,28	1,38	1,48	–	1,74	–	1,91	2,13	2,28
Propaldéhyde.......	1,01	–		1,29	–	1,45	–	–	1,77	1,92	–	2,29
Acétone............	1,00	1,03	1,16	–	1,36	1,45	–	1,72	–	1,92	2,13	2,29
Hexane.............	–	1,02	–	–	1,40	–	–	1,73	–	1,96	–	–

Les bandes $1^{\mu},00$; $1^{\mu},71$; $1^{\mu},96$; $2^{\mu},15$; $2^{\mu},27$ se retrouvent dans tous les corps cités, par conséquent elles sont dues à la liaison CH.

Les bandes $1^{\mu},16$ et $1^{\mu},47$ doivent être attribuées avec certitude à la liaison CO, le groupe se trouve dans le carbonyle et dans le carboxyle de la forme cétonique. On ne peut pas séparer ces deux groupes par le spectre infrarouge proche. En effet le CO du carbonyle et le CO du carboxyle possèdent les mêmes bandes infrarouges. Il est donc probable que ces deux bandes sont dues à ces deux groupements.

La bande $1^{\mu},57$ peut être attribuée à la liaison OH. Ici encore, comme pour la liaison CO, existe une certaine incertitude puisque deux groupes OH

peuvent exister dans la molécule : OH du carboxyle et OH de la forme énolique. Étant donné qu'on trouve cette bande dans les alcools et qu'elle manque dans les acides, on peut affirmer que cette bande appartient au groupe OH de la forme énol de l'acide pyruvique.

Pour la bande $1^{\mu},79$, il est difficile de se prononcer : on peut l'attribuer aux groupes COOH et CH puisqu'on l'observe dans la plupart des corps étudiés et que d'autre part elle est l'harmonique d'une fréquence fondamentale COOH à $1411\ cm^{-1}$. Cette bande est d'ailleurs peu nette.

La bande $1^{\mu},27$ se retrouve dans deux composés non saturés, elle serait donc due à la liaison $C = C$.

Pour les bandes $1^{\mu},03$ et $1^{\mu},34$ il est impossible de se prononcer quant à leur attribution.

D'après cette première analyse, nous pouvons admettre que l'acide pyruvique pur se trouve presque totalement sous forme cétonique. Toutefois la présence d'une bande attribuable à la vibration OH montre l'existence d'une certaine proportion de forme énolique.

CHIMIE GÉNÉRALE. — *Sur l'influence de la vitesse de détonation d'un explosif sur la vitesse de l'onde de choc.* Note (¹) de MM. PAUL LAFFITTE et ANDRÉ PARISOT, présentée par M. Émile Jouguet.

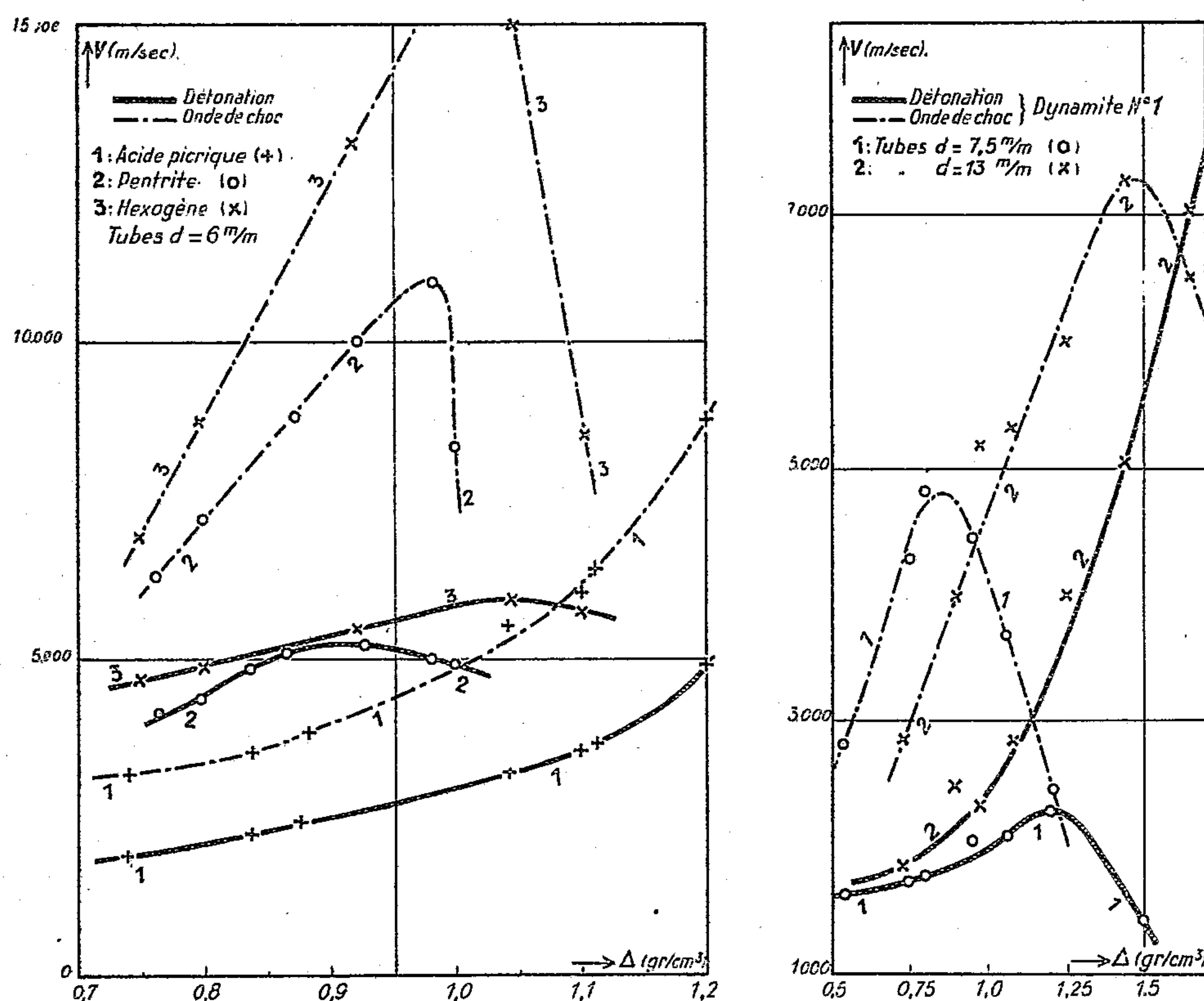
En 1924, l'un de nous, appliquant pour la première fois la méthode photographique de Mallard et Le Chatelier à l'étude des explosifs solides, a montré que, lorsqu'un explosif détone dans un tube cylindrique il se propage dans celui-ci, au delà de la région contenant l'explosif, une onde de choc dont la vitesse initiale est supérieure à la vitesse propre de détonation de l'explosif (²). Depuis lors Gawthrop (³), entre autres, a mesuré la vitesse de l'onde de choc à des distances variables de la colonne d'explosif et il est arrivé à la conclusion qu'elle n'est pas affectée par la vitesse de détonation.

Dans la présente Note sont rapportés les résultats des mesures (faites par la méthode chronophotographique) : 1° de la vitesse de détonation; 2° de la vitesse *initiale* de l'onde de choc plane se propageant dans l'air à

(¹) Séance du 11 janvier 1937.
(²) *Comptes rendus*, 178, 1924, p. 1277.
(³) *Journ. Franklin Inst.*, 1935, p. 471.

l'intérieur d'un tube de verre et au delà de la colonne d'explosif. Nos déterminations ont porté sur les explosifs suivants : acide picrique, hexogène (cyclotriméthylène-trinitramine), penthrite (tétranitropentaérythrite) et dynamite n° 1 (nitroglycérine 65 pour 100; guhr 35 pour 100), Les mesures ont été faites dans des tubes de diamètre intérieur déterminé et pour des densités de chargement données. Nous avons aussi fait les mêmes mesures pour divers mélanges de nitrate d'ammonium avec la penthrite ou l'hexogène sous la densité de chargement $\Delta = 1$.

Les courbes ci-jointes reproduisent les résultats obtenus. On voit très



nettement que, pour un explosif déterminé, il y a une relation entre la vitesse de détonation et celle de l'onde de choc : *de même que la vitesse de l'onde explosive, celle de l'onde de choc croît d'abord avec la densité de chargement* et, dans les cas de la penthrite et de la dynamite, passe aussi par un maximum. Cependant pour la penthrite le maximum de vitesse de l'onde de choc a lieu pour une densité de chargement supérieure à celle correspondant au maximum de la vitesse de détonation; c'est l'inverse pour la

dynamite. Pour les mélanges de nitrate d'ammonium avec la penthrite ou l'hexogène, les courbes des vitesses en fonction de la composition, mais à densité de chargement constante ($\Delta = 1$), sont sensiblement des droites aussi bien pour l'onde de choc que pour la détonation.

La différence apparente entre nos conclusions et celles de Gawthrop provient de ce que les mesures de cet auteur sont faites à des distances de la colonne d'explosif telles que l'onde de choc est considérablement amortie et a même une vitesse peu éloignée de celle d'une onde sonore. En outre la conclusion de Gawthrop est déduite des mesures de vitesses des ondes de choc émises par des explosifs différents. Au contraire nous comparons la vitesse de détonation et la vitesse de l'onde de choc d'un même explosif sous des densités de chargement différentes (pour lesquelles cependant la vitesse de détonation peut varier dans de grandes proportions), mais notre conclusion ne peut être étendue à des explosifs différents. En particulier deux explosifs peuvent avoir, sous des densités de chargement déterminées, même vitesse de détonation mais des vitesses initiales de l'onde de choc entièrement différentes; cela résulte, par exemple, de l'examen des courbes relatives à l'hexogène et à la penthrite sous une densité de chargement voisine de 0,90.

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur la constitution des solutions d'iodobismuthates de potassium.* Note de M. FERNAND GALLAIS, présentée par M. Georges Urbain.

Les nombreuses formules qui ont été proposées pour les combinaisons cristallisées de l'iodure de bismuth avec l'iodure de potassium sont du type 1-1 au type 1-4 [1]. Mais récemment, Mlle L. Delwaulle [2], en déterminant une série d'isothermes de solubilité du système $BiI^3 + KI$ dans l'eau, et en analysant les dépôts par la méthode des restes de Schreinemakers, a pu établir que seuls les deux sels BiI^3, KI, H^2O et $BiI^3, 2KI, H^2O$ sont susceptibles de cristalliser entre 15° et 55°. Par contre il n'existe pas, à ma connaissance, d'étude systématique des solutions d'iodure de bismuth et d'iodure de potassium.

---

(1) ARPPE, *Pogg. Ann.*, 64, 1845, p. 237; NICKLES, *J. P. C.*, 3e série, 37, 1861, p. 321; ASTRE, *Comptes rendus*, 110, 1890, 525; D. MOTARD, *Comptes rendus*, 198, 1934, p. 655.

(2) F. FRANÇOIS et Mlle L. DELWAULLE, *Bull. Soc. Chim.*, 51, 1936, p. 687.

Ayant constaté avec M. Lucas que ces solutions présentent un pouvoir rotatoire magnétique exceptionnellement élevé ([1]), je me suis proposé de mettre cette propriété à profit pour suivre, par la méthode des variations continues la formation des sels complexes qu'elles renferment. Le dispositif expérimental est resté identique à celui que j'ai utilisé antérieurement pour les iodomercurates ([2]).

1° J'ai d'abord examiné les mélanges de solutions équimoléculaires d'iodure de potassium et d'oxyde de bismuth (Bi^2O^3) dans l'acide chlorhydrique, à trois concentrations différentes : 0,500 N; 0,200 N; 0,0993 N. La courbe 1, figure 1, représente, à

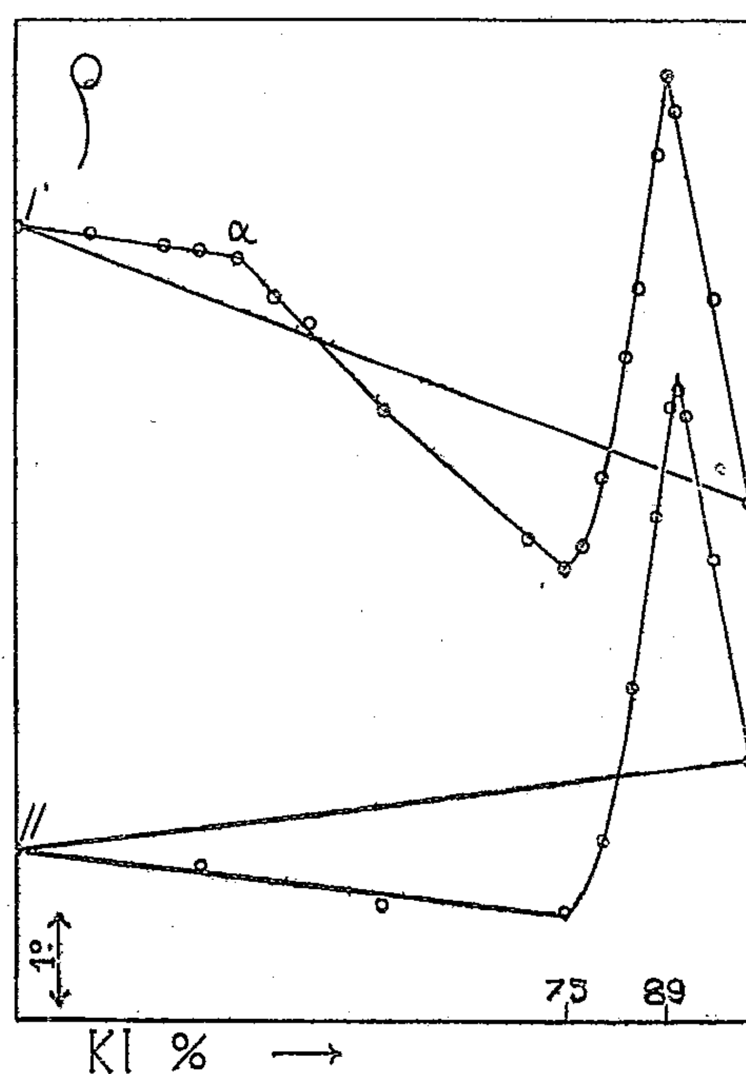


Fig. 1.

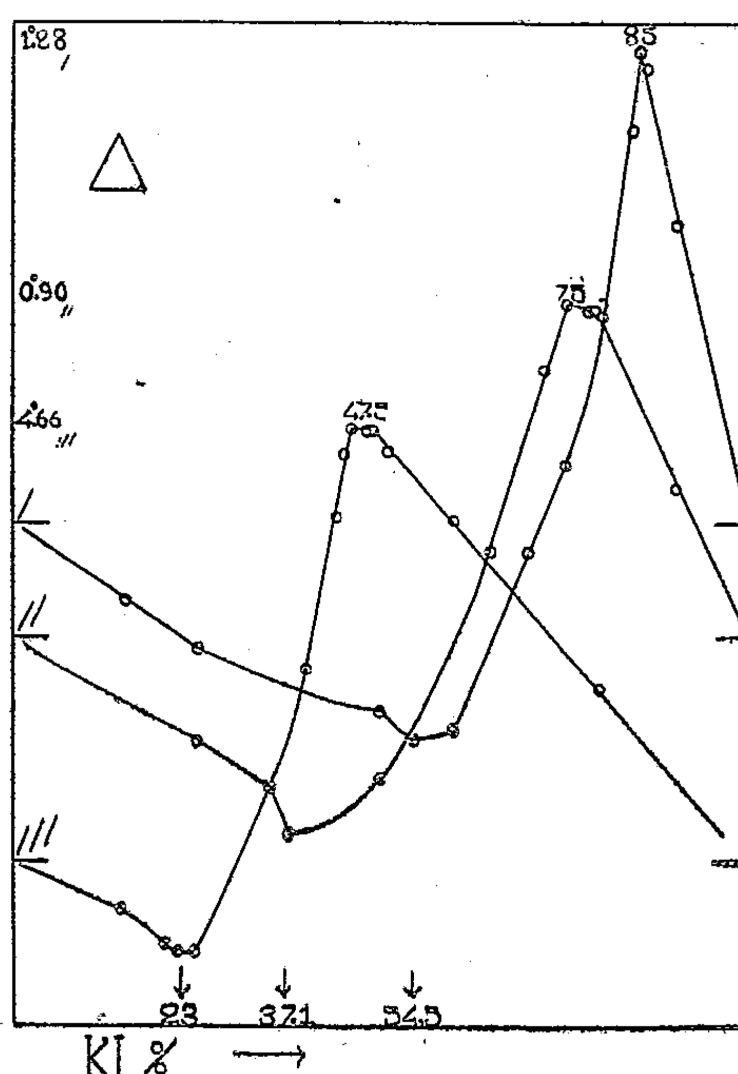


Fig. 2.

titre d'exemple, la rotation magnétique observée pour le mélange des deux solutions 0, 5 N en proportions respectives variant de 0 à 100 pour 100. (Il n'est pas nécessaire de reproduire la courbe d'écart à l'additivité, ses points angulaires ayant mêmes abscisses que ceux de la courbe expérimentale).

Elle offre un minimum correspondant à la précipitation du triodure de bismuth (KI 75 pour 100) et un maximum correspondant à une composition de 89 pour 100

([1]) R. Lucas et F. Gallais, *Trans. Far. Soc.*, 183, 1936, p. 976.
([2]) F. Gallais, *Comptes rendus*, 200, 1935, p. 836.

de KI. Les courbes obtenues en solutions 0,2 N et 0,09 N passent de même par un minimum pour 75 pour 100 de KI, mais elles indiquent une composition maximum légèrement variable : 90 et 93,5 pour 100 respectivement d'iodure alcalin.

Ce résultat n'est pas incompatible avec l'existence dans ces solutions d'un composé unique ou prédominant, mais il ne permet pas d'en connaître directement la composition. La formation d'iodure de bismuth étant complète, on peut supposer que l'équilibre étudié porte seulement sur la formation d'un ion complexe, selon l'équation.



$$BiI^3 + n[I]^- \rightleftharpoons [BiI^{3+n}]^{n-}.$$

Si l'on cherche pour quelle valeur de n on peut concilier les résultats expérimentaux avec l'existence d'une constante d'équilibre pour cette équation, on trouve que les nombres $n = 3$ et $n = 4$ conduisent à deux séries de chiffres également acceptables.

2° Pour tenter de résoudre cette indétermination, j'ai étudié des mélanges non équimoléculaires d'iodure de potassium et d'oxyde de bismuth en solution acétique et nitrique.

La courbe III (*fig.* 2) est la courbe des écarts (rotation observée — rotation calculée par additivité) obtenus pour le mélange de solutions Bi^{3+} 0,1 N + I^- N; la courbe II est relative aux solutions Bi^{3+} 0,0496 N et I^- 0,25 N; la courbe I aux solutions Bi^{3+} 0,10 N et I^- 0,25 N.

Elles passent toutes par un minimum qui correspond sensiblement au rapport I/Bi = 3 et leur maxima respectifs se situent à 48, 75 et 85 pour 100 d'iodure de potassium.

En utilisant ces nouvelles données, on trouve pour k_{190} les valeurs suivantes :

	$n = 2$.	$n = 3$.	$n = 4$.	$n = 5$.
III	–	$K = 0,59.10^{-3}$	$K = 1,2.10^{-5}$	$K = 4,5.10^{-12}$
II	–	$1,6\ .10^{-3}$	$7,0.10^{-5}$	$1,5.10^{-6}$
I	$k < 0$	$5,2\ .10^{-3}$	$20\ .10^{-5}$	$5,8.10^{-2}$

La conclusion reste la même; les nombres $n = 3$ et $n = 4$ conduisent seuls à deux séries de valeurs de K acceptables. Les écarts ne dépassent pas ce qu'on peut attendre d'après la limite des erreurs expérimentales.

L'anion complexe prédominant dans les solutions d'iodobismuthates de potassium serait donc $[BiI^6]^{3-}$ ou $[BiI^7]^{4-}$; mais il est impossible de décider entre ces deux formules. Des composés de ces deux types ont d'ailleurs été déjà isolés, tels un hexaiodobismuthate de cobalti-hexammine $[Co(NH^3)^6]I^3$, BiI^3 (¹) et surtout les sels de rubidium BiI^3, 3RbI et d'ammonium BiI^3, $4NH^4I$, $3H^2O$ (²).

(¹) F. Ephraïm et P. Mosimann, *Ber. d. chem. Ges.*, 54, 1925, p. 396.

(²) M. L. Delwaulle, *Bull. Soc. Chim.*, 5e série 3, 1936, p. 1820; *Comptes rendus*, 201, 1935, p. 341.

Il faut du reste observer que pour éviter l'hydrolyse des sels de bismuth j'ai dû utiliser des solutions contenant une forte proportion d'acide libre. L'influence de ce facteur supplémentaire n'est pas nulle : c'est ainsi que l'étude des mélanges de solutions non équimoléculaires en milieu chlorhydrique m'avait conduit à des résultats incohérents. Pour les solutions équimoléculaires, je me suis assuré cependant que la composition maximum reste inchangée, soit que l'on augmente beaucoup la concentration de l'acide chlorhydrique (dans le rapport 2,5), soit que l'on remplace celui-ci par l'acide acétique et l'acide nitrique. La courbe II (*fig.* 1) illustre cette dernière constatation pour les solutions 0,5 N. Il est bien certain cependant que même dans ces conditions, on ne peut assurer que les résultats obtenus resteraient entièrement valables en milieu neutre (Réactif de Dragendorff).

MAGNÉTISME TERRESTRE. — *Aimantation des terres cuites; application à la recherche de l'intensité du champ magnétique terrestre dans le passé.* Note de M. ÉMILE THELLIER, présentée par M. Charles Maurain.

Une masse argileuse, cuite dans un champ magnétique, garde après refroidissement une aimantation permanente faible mais très stable; soit σ son aimantation spécifique moyenne après cuisson dans le champ d'intensité H. Cette masse aimantée, placée à la température ordinaire dans un nouveau champ magnétique, se comporte à peu près en corps paramagnétique; soit χ sa susceptibilité spécifique (coefficient d'aimantation).

J'ai fait un grand nombre de cuissons d'argiles en champ magnétique en faisant varier : la nature de l'argile, l'atmosphère de cuisson (oxydante, neutre, réductrice), la température de cuisson, la valeur H du champ et l'intervalle de température dans lequel on le fait agir; et j'ai mesuré sur chaque terre cuite σ et χ. J'ai étudié aussi la disparition de l'aimantation permanente par réchauffement hors de tout champ magnétique. Je ne puis donner ici les résultats de cette très longue étude, je vais seulement montrer une de ses applications géophysiques.

Soit une terre, une brique par exemple, cuite à une époque connue et qui n'a pas été réchauffée depuis sa cuisson. Son aimantation permanente σ est due au champ magnétique terrestre d'intensité H de cette époque. Peut-on, en mesurant σ, retrouver H?

Il semble tout d'abord impossible d'établir une relation entre σ et H. En effet, l'aimantation σ dépend bien de H (il y a proportionnalité, toutes choses égales, pour des champs de l'ordre du gauss); mais elle dépend aussi de trois autres facteurs. Le tableau ci-dessous donne les valeurs de σ pour

une argile de Noron cuite à températures et atmosphères variées, dans un champ de 13 gauss.

	$\sigma \times 10^6$.				$\chi \times 10^6$.			
Atmosphère. T. :	400°.	580°.	670°.	870°.	400°.	580°.	670°.	870°.
Oxygène	2	3,6	4,8	6,5	16	14,5	13,5	10,5
Azote.........	2,6	4,5	10	570	16,5	16	20	335
Gaz d'éclairage.	520	4750	2000	36	655	3700	2500	140

Il montre que l'aimantation varie très fortement avec la température et l'atmosphère de cuisson; elle varie aussi beaucoup avec la nature de la terre et il est tout à fait impossible d'établir une relation entre σ, H et ces trois facteurs, d'ailleurs non mesurables sur la brique. Pour avoir une relation utilisable, entre σ et H, il faudrait remplacer les trois autres variables par une seule dont la valeur puisse être déterminée sur la brique étudiée.

Une méthode semble tout de suite devoir permettre ce remplacement. Tandis que l'aimantation σ dépend des quatre facteurs indiqués (champ, température, atmosphère et composition), une autre grandeur magnétique, mesurable sur la brique, sa susceptibilité, dépend des trois derniers sans dépendre du champ. On pourrait s'attendre à ce que ces deux grandeurs magnétiques varient de la même façon et que le rapport σ/χ, à champ constant, soit bien déterminé, donc caractéristique du champ. Le tableau précédent qui donne pour chaque valeur de σ la valeur correspondante de χ, montre que ce rapport varie beaucoup. Cette méthode est donc inutilisable.

L'étude détaillée que j'ai faite de l'aimantation des terres cuites conduit à une autre méthode simple et efficace. Elle s'appuie sur les résultats suivants :

1° Lorsqu'une terre cuite aimantée est réchauffée hors de tout champ magnétique, son aimantation (mesurée après refroidissement) diminue et elle disparaît à une température T relativement peu élevée (souvent 580° ou 670°), le maximum de T pour toutes les terres étudiées étant 670°.

2° Inversement, pendant la cuisson initiale en champ magnétique, la terre ne s'aimante qu'entre cette température T et la température ordinaire. L'aimantation d'une terre, cuite à température élevée, est exactement la même si le champ agit pendant la chauffe et le refroidissement ou s'il n'agit qu'au refroidissement entre 670° et la température ordinaire.

3° Enfin, si une terre cuite à température élevée et ayant acquis dans un champ H une aimantation σ est réchauffée, en atmosphère neutre,

jusqu'à 670° (donc désaimantée) et refroidie dans le même champ H, elle prend une nouvelle aimantation σ'; très souvent $\sigma' = \sigma$. En même temps la susceptibilité varie peu et, surtout, une nouvelle aimantation (670°, H) donne encore même valeur pour σ. Dans ce cas, par suite de la proportionnalité de σ au champ H pour les champs faibles, si le champ au réchauffement est différent de H, soit H'

$$\frac{\sigma'}{\sigma} = \frac{H'}{H}.$$

A cause de petites variations possibles dans la masse de l'objet étudié (départ d'eau), il est plus exact de remplacer σ et σ' par les moments magnétiques M et M' de tout l'objet. L'application à la recherche de l'intensité du champ magnétique terrestre est immédiate et je propose la technique suivante :

On mesure le moment magnétique M d'une brique d'âge connu. On réchauffe cette brique à 670°, en atmosphère neutre (courant d'azote), dans un champ faible H' soigneusement mesuré (champ terrestre par exemple). On mesure, après refroidissement complet, le nouveau moment magnétique M',

$$H = H'\frac{M}{M'}.$$

En opérant sur plusieurs briques et en éliminant celles pour lesquelles M' n'est pas constant pour une nouvelle aimantation (670°, H'), on obtiendra par moyenne l'intensité du champ magnétique terrestre à l'époque de leur cuisson.

BOTANIQUE. — *Sur la végétation marine de la Guadeloupe.* Note de MM. Jean Feldmann et Robert Lami, présentée par M. Alexandre Guilliermond.

Les observations que nous avons pu faire, au printemps dernier, à la Guadeloupe et dans quelques-unes de ses dépendances, nous permettent de diviser ainsi qu'il suit les différents types de végétation marine de ces îles.

Deux types fondamentaux peuvent être distingués : végétation du faciès rocheux et végétation du faciès meuble. A ce dernier nous rattachons la végétation de la Mangrove, objet d'une Note antérieure (¹).

(¹) J. Feldmann et R. Lami, *Comptes rendus*, 203, 1936, p. 883.

Chacun d'eux pouvant être divisé en trois étages : supralittoral, littoral et infralittoral.

Végétation du faciès rocheux. — Dans l'étage supralittoral, s'observe une ceinture plus ou moins constante de Lichens gris, principalement *Caloplaca diplacia* (Ach.) Riddle accompagné de *Verrucaria*, de *Blastenia* et de *Buellia*. Au-dessous, sur les rochers plus ou moins ombragés, se rencontrent, vers 1-2^{m} au-dessus du niveau, *Bostrychia Binderi* Harv., en gazons denses souvent importants et *Rhizoclonium Hookeri* Kütz., plus bas, *Bostrychia tenella* J. Ag.; sur les rochers très découverts, le *Calothrix pilosa* Harv. forme des gazons étendus.

Dans l'étage littoral, vers le haut, *Ralfsia expansa* J. Ag. forme ceinture; plus bas, s'observent d'autres ceintures plus ou moins nettes d'*Ectocarpus breviarticulatus* J. Ag. de *Chætomorpha media* Kütz et de *Chnoospora fastigiata* J. Ag. Entre ces espèces, quelques croûtes de Mélobésiées. Plus bas encore, la végétation est composée d'un mélange d'algues gazonnantes où dominent les Floridées. Dans les stations calmes, des Cyanophycées, *Dichothrix fucicola* (Kütz.) Born. et Flah. les remplacent.

L'étage infralittoral supérieur est caractérisé, dans ses parties battues, par des Fucacées [*Sargassum polyceratium* Mont., S. *platycarpus* Mont. et *Turbinaria turbinata* (L.) Kuntze]. Dans les fentes ombreuses et les anfractuosités des rochers, la flore est plus variée : Chlorophycées [*Anadyomene stellata* (Wulf.) Ag., *Valonia ocellata* Howe, *Codium intertextum* Collins et Hervey et *C. repens* Vickers, Phéophycées *Dictyopteria delicatula* Lamour, *Dictyota dentata* Lamour., *Dilophus guineensis* (Kütz.) J. Ag., *Zonaria variegata* (Lamour.) Ag., et Rhodophycées *Wrangelia argus* (Mont.), *Ochtodes secundiramea* (Mont.) Howe, *Amansia multifida* Lamour., *Galaxaura* sp. plur.]. Dans les stations abritées, les Phéophycées dominent [*Padina Sanctæ-Crucis* Börg. et P. *Gymnospora* (Kütz.) Vickers, *Colpomenia sinuosa* (Thoth.) Derb. et Sol., *Hydroclathrus clathratus* (Bory) Howe], ainsi que des gazons de Corallinacées [*Amphiroa fragilissima* (L.) Lamour., *Jania adhaerens* Lamr. et *J. capillacea* Harv.]. Les Chlorophycées sont également abondantes [*Caulerpa racemosa* (Forsk.) J. Ag., *C. sertularioides* (Gmel.) Howe, *Valonia ventricosa* J. Ag., *Clarophora fuliginosa* Kütz. et *Cladophoropsis membranacea* (Ag.) Börg.]. Ces deux dernières espèces pouvant, dans les stations très battues, remonter jusque dans l'étage supralittoral.

L'étage infralittoral inférieur, qui ne nous est connu que par quelques dragages, est caractérisé par *Dictyopteris Justii* Lamour., *Galaxaura*

obtusata (Ell. et Col.) Lamour., et *Cryptonemia luxurians* (Mert.) J. Ag.; ce dernier est quelquefois ramené de 20 à 30m en masses considérables.

Végétation du faciès meuble. — L'étage littoral, stérile dans les endroits battus, comprend, dans les endroits plus abrités, des tapis de *Vaucheria* et des herbiers de *Diplanthera Wrightii* Aschers.

L'étage infralittoral offre également des herbiers, souvent étendus, de *Thalassia testudinum* Konig, *Cymodocea manatorum* Aschers. et de *Diplanthera.* La flore algale comprend surtout des Siphonales et des Siphonocladales (*Penicillus*, *Rhipocephalus*, *Halimeda*, *Avrainvillea*, *Udotea*, *Caulerpa* et *Ernodesmis*) souvent implantées en dehors des herbiers, dans le sable pur ou vaseux. Les Phéophycées et les Rhodophycées sont plus rares (*Dyotyota*, *Acanthophora*, *Spyridia*). Certaines Cyanophycées abondent localement [*Lyngbya majuscula* Harv., *Hydrocoleum cantharidosmum* (Mont.) *Gom.*, *Hormothamnion enteromorphoides* Grün.].

Dans l'étage infralittoral inférieur, entre les herbiers de *Diplanthera* et de *Cymodocea*, on rencontre entre 6 et 30m des peuplements étendus d'*Halophila Baillonis* Aschers avec quelques *H. Aschersonii* Ostenf. Mêlées à ces Monocotylédones ou épiphytes sur eux, vivent dans cet étage des Chlorophycées [*Caulerpa crassifolia* (Ag.) J. Ag., *Udotea cyathiformis* Decaisne, *Cladocephalus luteofuscus* (Cr.) Börgs., *Acicularia Schenkii* Solms.], de rares *Dictyotales* et quelques Rhodophycées [*Seirospora occidentalis* Börgs, *Griffithsia globifera* (Harv.) J. Ag., *Lophocladia trichoclados* (Mert.) Schmitz, *Agardhiella tenera* (J. Ag.) Schmitz].

ANATOMIE VÉGÉTALE. — *Sur la formation des canaux résinifères dans le tissu ligneux des plantules chez* Pinus halepensis *Mill. et* Pinus Pinaster *Soland.* Note de M. JULIEN DE SAINT-LAURENT, présentée par M. Alexandre Guilliermond.

Poursuivant mes études histologiques sur les essences forestières nord-africaines, j'ai rencontré dans des plantules de *Pinus halepensis* Mill. et de *Pinus Pinaster* Soland, certains caractères qui ont retenu particulièrement mon attention et que je crois devoir mentionner. Il s'agit de la formation des premiers canaux résinifères du bois. Les éléments sécréteurs des *Conifères* ont fait l'objet de nombreuses études, dont celles de G. Chauveaud, concernant particulièrement les canaux résinifères sous-épidermiques, de Van Tieghem sur les vacuoles résinifères péricycliques et de

Dangeard sur les canaux ligneux. Mais observant l'évolution des canaux résinifères à partir de leur apparition dans les plantules des *Pinus* étudiées, j'ai constaté plusieurs phases successives qui n'ont pas encore été décrites à ma connaissance.

Si l'on fait une coupe transversale dans l'hypocotyle d'un *Pinus halepensis* ou d'un *Pinus Pinaster* de quelques jours à 10^{mm} au-dessous des cotylédons, on voit un pentagone ligneux dont les côtés ont une épaisseur de deux à trois cellules. A chaque angle du pentagone et à une distance de quelques cellules (3-4) vers le cambium, on observe un groupe cellulaire entourant un méat. Par la double coloration : vert d'iode et Soudan III, le pentagone se colore en vert, les groupes cellulaires restent incolores, tandis que certaines gouttelettes de résine, incluses dans le méat, se colorent en rouge. Ces gouttelettes décèlent des éléments sécréteurs en voie de formation et montrent que les groupes cellulaires ne sont pas autre chose que des ébauches de canaux résinifères. Ce fait est confirmé par la réfringence des cellules, le gonflement de leurs membranes, l'aspect aqueux de leur contenu, tous caractères constants dans les canaux résinifères du bois. Le pentagone ligneux (vert) est lui-même doublé extérieurement par un second pentagone cellulosique, d'égale épaisseur. Les sommets de ces figures sont étirés vers les canaux résinifères en formation, dont la partie externe est tangente au cambium. Les canaux résinifères, au nombre de cinq, correspondent aux cinq angles du pentagone ; ils sont au début composés de 6-7 cellules groupées autour d'un méat à peine perceptible d'où sortent les gouttelettes résineuses dont on a parlé. Entre les canaux résinifères on remarque des lacunes, ou vacuoles résineuses péricycliques, autrefois décrites par Van Tieghem. Au-dessous de chaque vacuole résineuse se trouve un groupe de petites cellules de $6\text{-}10^{\mu}$, à parois très réfringentes dont la base est appuyée sur le cambium. Ce sont des cellules libériennes.

Les observations multipliées sur diverses coupes transversales dans des tigelles de quelques jours ont montré la constance de ce tableau. Sur des coupes longitudinales, traitées au Soudan III, les éléments résinifères apparaissent nettement sous la forme d'un canal, dont les gouttelettes de résine colorées en rouge dessinent les parois intérieures. Les dimensions des canaux résinifères ont été mesurées sur une plantule de quatre jours de *Pinus halepensis*, où deux canaux sur cinq étaient déjà bien ouverts. Leur lumen mesurait $20^{\mu}\text{-}22^{\mu}$; ils avaient 8-9 cellules de bordure de $15^{\mu}\text{-}20^{\mu}$, hautes de $50^{\mu}\text{-}100^{\mu}$. Rappelons que chez la plante adulte ces dimensions sont pour le *Pinus halepensis*-lumen $80^{\mu}\text{-}130^{\mu}$, cellules de bordure $30^{\mu}\text{-}50^{\mu}$,

sur 30^{μ}-70^{μ} de hauteur; pour le *Pinus pinaster*-lumen 150^{μ}-200^{μ}, avec cellules de 30^{μ}-50^{μ}, sur 30^{μ}-135^{μ}.

Ainsi, pendant les premiers jours, les canaux résinifères ne sont rattachés au tissus ligneux que par l'intermédiaire des angles allongés du pentagone encore cellulosique qui double le pentagone lignifié. Dans une phase suivante, observée sur des plantules plus âgées de quelques jours, la lignification progresse sur les côtés du pentagone extérieur et s'étend de part et d'autre de chaque canal en l'enfermant comme dans une tenaille. Toutefois une couronne de cellules entourant immédiatement les canaux résinifères garde sa nature cellulosique ainsi que le sommet du pentagone extérieur; cette absence de lignification se prolonge pendant deux mois environ. A ce stade succède au bout de quelques jours une nouvelle phase marquée par l'extension du tissu ligneux qui entoure de toutes parts le canal résinifère. Ce canal est inclus désormais dans le bois. Cette phase est accompagnée par deux phénomènes : la disparition des vacuoles péricycliques, qui ne jouent probablement qu'un rôle provisoire en attendant la formation des canaux ligneux, et l'apparition des canaux résinifères purement ligneux qui se forment par voie schizogène.

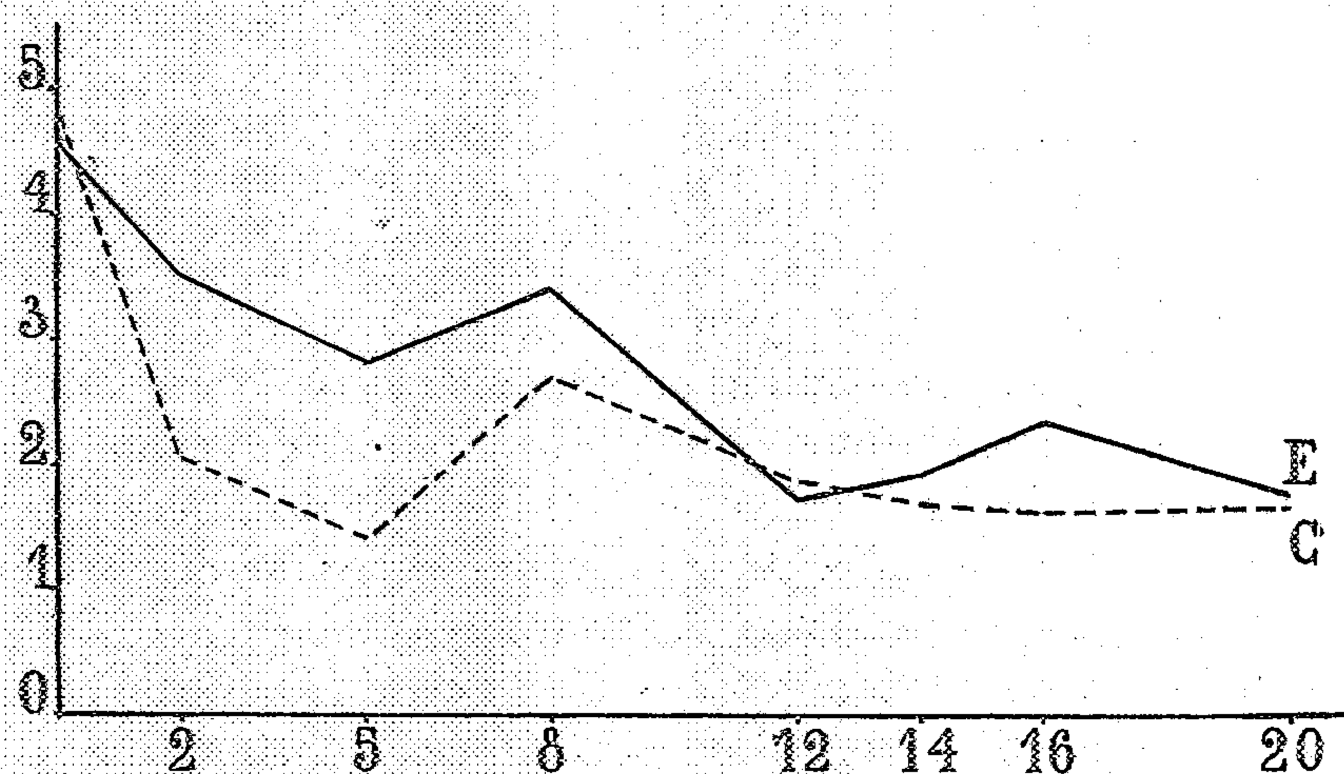
PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Intensité respiratoire comparée de l'androcée et du gynécée.* Note (1) de M. JEAN-MICHEL GUILCHER, présentée par M. Marin Molliard.

La première étude de l'intensité respiratoire comparée des organes mâles et des organes femelles chez les végétaux supérieurs, entreprise en 1822 par De Saussure, a conduit à attribuer aux étamines des réactions respiratoires plus actives que celles des carpelles. D'autre part, les mesures des quantités de chaleur dégagées par les deux sortes d'organes, effectuées sur diverses espèces par De Saussure, Dutrochet, Caspary, donnèrent des résultats qui se montraient en parfait accord avec les déterminations portant sur les échanges gazeux respiratoires.

Toutefois en 1911, Mme G. Maige faisait remarquer que l'étude de l'intensité respiratoire comparée des organes mâles et des organes femelles prélevés dans une même fleur pouvait donner des résultats tout différents suivant le stade de développement auquel la fleur était récoltée, l'activité

(1) Séance du 11 janvier 1937.

physiologique de l'étamine et celle du carpelle évoluant de façons très différentes au cours de la croissance de la fleur. On pouvait conclure des recherches de G. Maige que la comparaison de l'activité respiratoire des deux organes ne pouvait se faire en opposant deux valeurs, représentant les intensités respiratoires de l'étamine et du carpelle considérés à un stade quelconque du développement de la fleur, mais qu'il était nécessaire de comparer deux courbes, l'une représentant la variation de l'intensité respiratoire de l'étamine, l'autre la variation de l'intensité respiratoire du carpelle, à partir des stades les plus jeunes.



Courbes de variation de l'intensité respiratoire des étamines, E et des carpelles, C.

J'ai entrepris de construire ces courbes pour les organes mâles et les organes femelles d'une espèce, le *Lilium croceum*, et de les comparer. Cette espèce a été choisie parce que diverses parties du métabolisme de sa fleur nous sont connues; R. Combes (¹) a étudié la nutrition minérale, le métabolisme azoté et le métabolisme glucidique des pièces florales de cette plante, et les pieds de *Lilium croceum* sur lesquels ont porté nos expériences sont précisément les mêmes que ceux qui ont servi à ses recherches. Ils étaient cultivés en pleine terre dans les jardins de l'École nationale d'Horticulture de Versailles.

J'ai étudié huit stades, le premier correspondait à de très jeunes boutons floraux où tous les éléments des tissus étaient en voie de multiplication active, et le dernier se plaçait au moment où les étamines étaient sur le

(¹) *Comptes rendus*, 200, 1935, p. 578 et 1970; 203, 1936, p. 333.

point de libérer leur pollen. Les résultats exprimés en centimètres cubes d'anhydride carbonique dégagé par heure et par gramme de substance sèche ont servi à construire les courbes ci-dessus, où se trouvent portés en abscisses les temps auxquels les mesures ont été faites, exprimés en nombres de jours écoulés depuis le premier stade étudié.

Il résulte de l'examen de ces courbes que la respiration de l'étamine se maintient presque constamment supérieure à celle du pistil. Lorsque les deux sortes d'organes sont très jeunes, formés tous deux de tissus en voie de croissance active, leur intensité respiratoire est la même; mais très vite des différences apparaissent; dès le second stade étudié l'intensité de la respiration se montre plus faible, mais la baisse est moins prononcée pour les étamines que pour les carpelles; les organes mâles dès ce moment respirent donc plus activement que les organes femelles. Un minimum est atteint lorsque les boutons floraux ont $2^{cm},5$ de longueur. L'activité respiratoire devient plus active les jours suivants, passe par un maximum correspondant au stade des boutons de 3^{cm}, puis baisse ensuite à nouveau. Au cours de cette seconde chute l'intensité respiratoire de l'étamine rejoint celle du gynécée, mais elle se relève aussitôt et elle se maintient supérieure à cette dernière dans la suite, toutes deux ne subissant dès lors que de faibles variations jusqu'au moment où l'androcée se fane.

L'intensité de la respiration de l'étamine et celle du carpelle ne varient donc pas d'une manière régulière, suivant des courbes simples. Les courbes de variation au cours de la croissance présentent au contraire des accidents, de même sens et simultanés chez les deux organes. Il conviendra de préciser les causes déterminantes de ces phénomènes, et de rechercher s'ils se retrouvent en général chez les divers groupes de plantes supérieures.

PHYSIOLOGIE. — *Influence de l'avitaminose* B *sur la composition du muscle du pigeon.* Note de M. **Roger Duffau**, présentée par M. Emmanuel Leclainche.

On sait que l'avitaminose B entraîne un trouble accentué du métabolisme des glucides, caractérisé notamment par une richesse anormale des tissus et du sang des animaux carencés en acides lactique et pyruvique (Kinnersley et Peters; Fischer; Nitzescu et Gontzea; Johnson). Par ailleurs, l'addition d'acide lactique à un régime synthétique complet entraîne l'apparition de crises de polynévrite comparables à celles que

provoque l'avitaminose B (Lecoq). Poussant plus loin ces recherches, nous avons pensé qu'il serait intéressant de déterminer dans le muscle, au cours de l'avitaminose B, le taux des principales substances participant au métabolisme des glucides et accompagnant l'acide lactique.

A cet effet nous avons utilisé deux séries de pigeons adultes de 350^g environ, recevant une ration synthétique à base de glucose, privée de vitamines B dans un cas et complétée dans l'autre par des doses différentes de levure de bière, source éprouvée de vitamines B. Le régime de base utilisé était analogue au régime antérieurement préconisé par Mme Randoin et Simonnet et composé de : caséine purifiée, 6; fibrine purifiée, 5; ovalbumine purifiée, 5; graisse de beurre, 4; glucose pur, 66; mélange salin d'Osborne et Mendel, 4; papier filtre, 2. Ce régime, administré par gavage à la dose quotidienne de 20^g apporte au pigeon une ration énergétiquement suffisante, qu'une dose appropriée de vitamines B suffit à compléter. Des doses de 0^g,50 à 2^g de levure permettent de très longues survies, dépassant 6 mois; on admet généralement qu'elles sont satisfaisantes. En l'absence de toute addition de levure, la mort survient, au milieu de crises polynévritiques typiques, entre le 13ième et le 21ième jour.

Nous avons sacrifié, en pleine crise de polynévrite, tous les pigeons soumis au régime avitaminé; par contre, les autres ont été arbitrairement tués au bout de 1 mois, 8 mois et 11 mois. Les résultats obtenus sur les masses musculaires pectorales à l'aide des techniques que nous avons précisées, sont exprimés en milligrammes pour 100^g de muscle frais, les dérivés phosphoriques étant calculés en phosphore. Nous en avons rapproché les moyennes obtenues par Lecoq et nous-même sur des pigeons normaux recevant une alimentation variée naturelle [1].

Les chiffres correspondant au régime à 66 pour 100 de glucose sans addition de vitamines B montrent une augmentation des composés réducteurs glucidiques totaux et de l'acide lactique, ainsi qu'une augmentation nette des orthophosphates et du phosphore total acido-soluble. Le même régime, complété par une addition opportune de levure (2^g par exemple) constitue incontestablement un régime satisfaisant au même titre que le régime naturel varié; cependant, les chiffres obtenus en diffèrent par une augmentation du taux des composés réducteurs glucidiques totaux d'autant plus nette que la durée du régime est plus longue.

---

(1) *Bull. Sc. pharmacol.*, **43**, 1936, p. 577; R. Lecoq et R. Duffau, *C. R. Soc. Biol.*, **122**, 1936, p. 180.

	Pigeons au régime naturel.	Pigeons au régime à 66 pour 100 de glucose							
		sans levure.				avec levure.			
Dose de levure	—	—	—	—	—	2g.	0g,50.	1g.	2g.
Durée du régime	—	12 j.	13 j.	14 j.	14 j.	1 m.	8 m.	11 m.	11 m.

Dosages effectués sur le muscle (en mg pour 100).

Composés réducteurs glucidiques totaux	143	227	201	218	220	196	231	258	295
Acide lactique	220	239	260	231	265	214	295	260	201
Orthophosphates	85	130	120	116	131	80	102	96,8	73,5
Acide créatine-phosphorique	12	5	8	6	7	10	7	7,6	6
Acide adényl-pyrophosphorique	27	18	20	31	19	29	19	22,8	18
Esters facilement hydrolysables	18	16	20	23	20	25	22	24,8	17,5
Phosphore total acido-soluble	173	219	222	227	229	179	197	213	165

Une dose de 0g,50 de levure, habituellement considérée comme minima, est à notre avis une cause de carence fruste qui se manifeste d'ailleurs par des accidents polynévritiques larvés au huitième mois et des modifications sensibles du taux des composés musculaires, voisines de celles constatées au cours de l'avitaminose B totale. L'addition de 1g de levure, lorsqu'elle est prolongée un très long temps (11 mois par exemple), semble elle-même insuffisante; le taux d'acide lactique et de phosphates traduit déjà une avitaminose inapparente.

Conclusions. — 1° L'avitaminose B totale provoque chez le pigeon une augmentation dans le muscle du taux des composés réducteurs glucidiques, de l'acide lactique, des orthophosphates et du phosphore total acido-soluble.

2° L'addition d'une dose quotidienne de 2g de levure au régime à 66 pour 100 de glucose semble suffisante pour prévenir toute perturbation dans le métabolisme des glucides du muscle du pigeon, malgré la sensibilité de son organisme vis-à-vis d'un hexose aussi rapidement assimilable que le glucose.

3° L'addition quotidienne de 0g,50 de levure n'empêche pas le développement d'une avitaminose fruste, qui se traduit au huitième mois par des troubles du métabolisme des glucides et des crises larvées de polynévrite; l'addition de 1g de levure n'entraîne aucune manifestation polynévritique sensible, même après 11 mois, et cependant la composition des muscles met en évidence une avitaminose inapparente incontestable.

4° Le taux de l'imprégnation lactique est au moins aussi accentué dans l'avitaminose fruste au huitième mois que dans l'avitaminose B totale (après 12-14 jours).

EMBRYOGÉNIE EXPÉRIMENTALE. — *Sur l'obtention expérimentale des* free-martins *chez le cobaye et sur la nature du facteur conditionnant leur histogenèse sexuelle.* Note (¹) de Mme **Véra Dantchakoff**, présentée par M. Maurice Caullery.

J'ai réussi à masculiniser, chez le cobaye, une série d'embryons femelles par l'introduction de l'hormone mâle adulte. Une simple injection de $0^{mg},05$ de testostérone, au 20-21e jour, après insémination, ne parvient pas à ébranler dans l'embryon femelle la réalisation de son sexe génétique (²). La petite quantité d'huile ($0^{cm^3},01$) qu'un embryon de 20 jours (stade correspondant à 4 jours d'incubation chez le poulet) peut supporter sans lésion ne contient que $0^{mg},05$ de testostérone, si l'on utilise une solution huileuse à 5^{mg} pour 1^{cm^3}. Une telle injection reste sans effet appréciable. Je dois au Prof. Ruzicka une solution d'hormone mâle, sous la forme de testostérone-propionate, à 50^{mg} par centimètre cube. Cette solution permet d'introduire dans l'embryon de 20-21 jours $0^{mg},5$; or, une telle injection ne m'a donné qu'une vague promesse de réussite. Alors j'ai pratiqué une deuxième injection sur les mêmes embryons, 5-6 jours après la première, en introduisant, à ce stade, jusqu'à 2^{mg} de testostérone-propionate.

Une association singulière d'organes mâles et femelles en résulta (³) : utérus, trompes, gonades femelles d'un côté; épididymes, canaux de Wolff, urèthre mâle de l'autre, avec migration de tout le groupe d'organes génitaux internes à l'emplacement habituel des organes mâles. Cependant les gonades gardaient leurs caractères femelles.

J'ai essayé alors d'assurer un contact de l'huile injectée, encore plus intime, avec les tissus de l'embryon, plus particulièrement avec les ébauches sexuelles. J'ai injecté l'hormone directement dans la partie caudale de l'embryon, dont les formes se dessinent vaguement à travers la

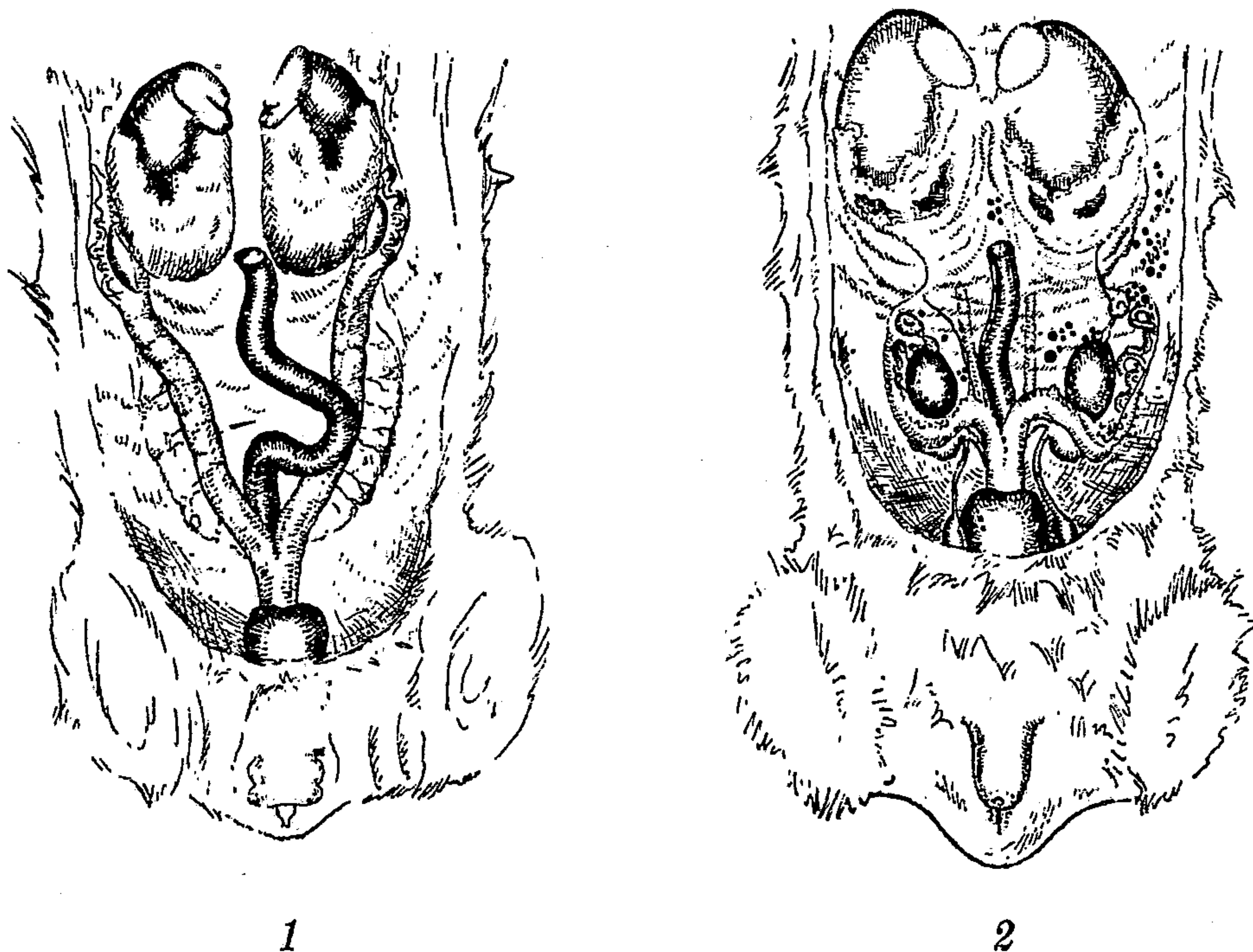
---

(¹) Séance du 11 janvier 1937.

(²) *Comptes rendus*, 202, 1936, p. 2179.

(³) *C. R. Soc. Biol.*, 123, 1936, p. 873.

paroi amincie de la corne utérine. La figure 2 montre la grande dispersion des petites gouttes d'huile (en noir dans la figure) dans le tissu lâche rétropéritonéal. Les résultats obtenus dans de tels embryons correspondent parfaitement à ceux observés chez les *free-martins*; cela démontre l'ana-



1. Organes génitaux internes d'une femelle normale de cobaye. — 2. Organes génitaux internes d'une femelle masculinisée.
Les petits points noirs sont des gouttes d'hormone entrevues à travers le péritoine.

logie, sinon l'identité du mécanisme des malformations sexuelles dans les deux cas. Voici brièvement les changements que l'hormone mâle évoque dans des substrats tissulaires à déterminisme génétique femelle :

1° *Déplacement du complexe d'organes génitaux internes.* — Au lieu d'être situés dans les sillons profonds, sous les bords latéraux du tiers caudal des reins, ils émigrent caudalement dans l'espace entre la vessie et les extrémilés caudales des reins. A la suite de ce déplacement, les cornes de l'utérus sont fortement recourbées.

2° *Édification de bourgeons solides de tissu élastique*, dans la partie caudale de la cavité abdominale, qui se continuent sous forme de ligaments et se perdent dans le tissu mésonéphrique formant maintenant la partie

caudale de l'épididyme. Cet organe réussit à déplacer le complexus d'organes sexuels.

3° *Changement de la forme des gonades.* — Au lieu de se présenter sous forme d'amandes aplaties, elles se montrent maintenant voûtées. Des masses de tissu mésonéphrique entrent dans les ébauches gonadiques par leur hile et forment un noyau médullaire très considérable. Un cortex, il est vrai, existe dans une telle gonade, des canalicules ne sont pas encore formés dans la partie médullaire.

4° *Une forte stimulation d'éléments mésonéphriques* sous forme d'*épididymes.*

5° Changement précoce de la forme macroscopique du phallus embryonnaire qui se transforme en un *urèthre mâle.* Des anomalies très marquées dans les organes génitaux externes complètent le tableau de la masculinisation. J'attends quelques stades supplémentaires pour pouvoir me prononcer sur le sort des organes annexes : prostate, vésicules séminales, glandes de Cooper.

6° Parallèlement aux effets hétérologues, que l'hormone mâle provoque dans les embryons femelles, la présence d'utérus et de trompes est la manifestation visible de l'activité du déterminisme génétique, propre à l'embryon femelle masculinisé. En outre, l'hormone mâle produit, directement ou indirectement, une rudimentation des infundibula des trompes et des tabliers graisseux de chaque côté des cornes.

L'obtention expérimentale de *free-martins* chez le cobaye, à l'aide de l'hormone mâle, nous donne des indications précieuses sur *le mécanisme du déterminisme sexuel* dans l'ontogenèse, dont une rupture aboutit à la réalisation spontanée de *free-martins.* Le *facteur* déterminant, dans les conditions expérimentales ou naturelles, la production de *free-martins*, est une substance chimique pure, *l'hormone mâle.*

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Dosage de la tyrosine dans les matières premières végétales.* Note de M. **Yves Raoul**, présentée par M. Gabriel Bertrand.

Le dosage de la tyrosine dans les matières protidiques préalablement isolées a fait l'objet de nombreuses techniques colorimétriques basées sur l'une des réactions suivantes : 1° réaction de Millon; 2° réaction xanthoprotéique; 3° réaction de O. Folin, à l'aide du réactif phosphotungstomolybdique.

Aucune de ces techniques n'ayant été étudiée quantitativement d'une manière serrée, il en résulte qu'appliquées successivement au dosage de la tyrosine dans un même échantillon, elles fournissent des résultats très différents [1].

Nous prenons comme point de départ pour l'établissement de notre technique, la méthode de O. Folin et V. Ciocalteu [2] que nous modifions sur les deux points suivants : 1° conservation des hydrolysats; 2° évaluation de l'intensité de la réaction de Millon ici utilisée. D'autre part, il y a lieu de faire subir à la matière végétale [3] un traitement préalable afin de pouvoir la traiter ensuite comme une matière puotidique isolée.

1° *Préparation de la matière première.* — On pulvérise finement la substance à analyser bien homogénéisée, dont on prend une prise d'essai de 1^g que l'on place dans une petite cartouche de papier filtre. On dispose la cartouche dans un petit tube de verre dont l'extrémité inférieure légèrement étirée est obturée par un mélange de coton de verre et d'amiante modérément tassé formant filtre. Tube et cartouche sont retenus dans le col d'un ballon de 250$^{cm^3}$ au moyen de trois pointes rentrantes pratiquées à la base du col du ballon. Ce dispositif, surmonté d'un réfrigérant à reflux, permet d'épuiser la substance : 1° avec de l'alcool à 90° pendant 4 heures, ce qui élimine des corps amino-phénoliques comme l'hordénine, la tyramine et des pigments; 2° avec de l'éther, pendant 3 heures, afin d'éliminer les lipides.

Au cours de ces épuisements, nous avons vérifié que la tyrosine, insoluble dans les solvants utilisés, n'est pas entraînée.

2° *Hydrolyse.* — Elle est réalisée à l'aide de soude à 20 pour 100 pendant 20 heures. On chauffe au bain de glycérol pour éviter toute surchauffe et ajoute un peu d'alcool butylique pour régulariser l'ébullition.

3° *Stabilisation des hydrolysats.* — Il est indispensable, après neutralisation [4], de laisser séjourner pendant 48 heures environ à la glacière vers +5° le liquide provenant de l'hydrolyse alcaline. Un séjour plus prolongé ne nuit pas.

4° *Élimination du tryptophane.* — Cette élimination est rendue indispensable en raison de la coloration que donne cet acide aminé avec le réactif

(1) J. Guérin, *Thèse Pharm. Sup.*, Paris, 1932.

(2) *Journ. of Biol. Chem.* 73, 1927, p. 627.

(3) La matière première utilisée pour l'établissement de la méthode était constituée par des graines d'Orge, des malts et des radicelles.

(4) Y. Raoul, *Thèse Sciences naturelles*, Paris, 1936, p. 92.

de Millon. On réalise cette élimination sous forme de complexe mercurique par addition d'une solution de sulfate mercurique à une partie aliquote de l'hydrolysat. On sépare le complexe par centrifugation.

5° *Dosage colorimétrique.* — Le liquide provenant de l'opération précédente est placé dans une fiole jaugée de 100^{cm^3} et additionné d'acide sulfurique titré en proportion telle que, après dilution à 100^{cm^3}, l'acidité soit normale. On chauffe 15 minutes dans l'eau bouillante puis refroidit aussitôt à température ordinaire.

On complète à 99^{cm^3} et *filtre* pour éliminer le sulfate mercurique basique : SO^4Hg, $2HgO$ qui se forme au moment de la dilution. On ajoute alors 1^{cm^3} de solution de nitrite de sodium à 2 pour 100. La coloration rouge caractéristique qui apparaît est due à la formation d'un nitrosophénol catalysée par les sels de mercure.

O. Folin conseille de faire *immédiatement* à l'aide du colorimètre de Dubosq la comparaison de la coloration obtenue avec celle fournie par une solution étalon traitée parallèlement. Nous nous sommes aperçus qu'à la température ordinaire, de 18 à 22°, à laquelle on opère d'habitude, la coloration n'a pas immédiatement son intensité maxima et, d'autre part, qu'au bout d'un certain temps, la coloration s'atténue pour disparaître complètement.

Nous avons suivi exactement l'évolution de l'intensité à l'aide de l'électrophotomètre à coin et cellules à couches d'arrêt de P. Meunier [1]. On réalise les mesures à la fois en lumière bleue et en lumière verte, ce qui permet de suivre non seulement l'intensité, mais aussi la nature de la coloration obtenue. A la température de 20°, le maximum d'intensité n'est atteint qu'après 6 minutes et ne se maintient que pendant 22 minutes. C'est donc pendant cette période qu'il faut effectuer la lecture. Le même appareil permet de mesurer les valeurs d'absorption dans le bleu et dans le vert et il suffit, pour trouver la quantité de tyrosine correspondante, de se reporter à des courbes préalablement établies avec des solutions contenant des quantités connues de tyrosine.

Ici encore, la correspondance des valeurs trouvées dans les deux couleurs permet de s'assurer qu'aucune réaction colorée parasite ne se superpose à la réaction de Millon.

6° *Degré de précision de la technique.* — Par la méthode des quantités ajoutées, nous avons déterminé que l'erreur relative est de ∓ 5 pour 100.

---

(1) *Thèse Sciences physiques*, Paris, 1936.

La tyrosine dosée est la tyrosine *totale* de la substance végétale et comprend aussi bien la fraction pouvant exister à l'état libre que celle engagée dans les molécules protéidiques.

La séance est levée à $15^h 35^m$.

A. Lx.

ERRATA.

(Séance du 5 octobre 1936.)

Note de MM. *Thadée Urbański* et *Marion Słoń*, Sur la nitration de quelques hydrocarbures :

Page 621, lignes 8 et 16, *au lieu de* *n*-propane, *lire* propane.
Page 622, ligne 12 en remontant, *au lieu de* $Hg(NO^3)^2$, *lire* $HgNO^3$.

(Séance du 28 décembre 1936.)

Note de MM. *Gabriel Bertrand* et *Lazare Silberstein*, Nouvelles recherches sur les teneurs comparatives en soufre, en phosphore et en azote de plantes cultivées sur un même sol :

Page 1481, ligne 3 du deuxième alinéa, *au lieu de* nous n'avons pu, *lire* nous n'avions pu.
Page 1482, ligne 1 du tableau, *au lieu de* Loiter, *lire* Lotier.

Note de M. *Joseph Béthenod*, Sur les accouplements au moyen d'embrayages à glissement permanent (p. 1504) :

Cette Note de Mécanique aurait dû être insérée page 1493.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 25 JANVIER 1937.

PRÉSIDENCE DE M. EMMANUEL LECLAINCHE.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Président** s'exprime en ces termes :

Mes chers Confrères,

L'Académie, déjà si durement éprouvée au cours des derniers mois de l'an dernier, vient de subir un nouveau deuil : **Henri Douvillé** est mort le 20 janvier, après une courte maladie. Ses obsèques ont eu lieu à Paris vendredi dernier et M. Jacob lui a adressé en votre nom un dernier adieu.

Né à Toulouse, le 16 juin 1846, Douvillé sort de l'École polytechnique en 1865. Il est encore élève-ingénieur des Mines lorsque, en 1867, Élie de Beaumont l'attache au service nouvellement organisé de la Carte géologique de France. Rendu en 1872 à sa fonction d'ingénieur, il fait un court séjour dans les résidences de Bourges et de Limoges, qui lui permet d'affirmer ses aptitudes de stratigraphe attentif et précis. Dès 1875, il est rappelé à Paris, pour y être attaché, sous la direction de Bayle, aux collections de Paléontologie de l'École des Mines.

La vocation de Douvillé est désormais fixée, et il ne quittera plus l'École qui l'a formé.

Pendant six années, il collabore à l'organisation des collections de Paléontologie et il apporte dans cette tâche les qualités d'ordre et de méthode qui caractérisent tous ses travaux.

Quand Bayle prend sa retraite, en 1881, Douvillé est tout naturellement désigné pour occuper sa chaire. Il se consacre au classement méthodique des collections : œuvre considérable en raison de la quantité énorme des matériaux accumulés; tâche jamais achevée en raison des révisions fré-

quentes que nécessitent les connaissances nouvellement acquises et les documents qui arrivent sans cesse. Il possède toutes les qualités requises pour réussir une telle entreprise : vaste érudition, jugement sûr, connaissances techniques.

Ce sont les Invertébrés fossiles qui sollicitent surtout la curiosité du jeune maître, sans doute en raison de leur intérêt plus immédiat pour l'étude de la Géologie. Reprenant les recherches de Bayle sur les Mollusques du groupe des Rudistes, qui ont pullulé dans les mers chaudes à la fin de la période jurassique et pendant les temps crétacés, il en reconstitue la phylogénie et il met en évidence les variations de leur évolution. Cette étude des Rudistes et d'autres genres, celui des Hippurites notamment, permet de suivre à travers les temps les variations des types et aussi d'en discerner les causes. L'ensemble de ces recherches n'intéresse donc pas seulement l'étude des terrains et la détermination de leur âge : elle autorise aussi de plus vastes synthèses.

Le géologue averti qu'était Douvillé ne pouvait manquer de prêter attention à la répartition géographique des espèces étudiées, et des rudistes en particulier. Il observe qu'elles caractérisent, en la délimitant, une vaste zone marine qui traverse les continents d'aujourd'hui, parallèlement à l'équateur. C'est à cette ancienne Méditerranée, la Téthys de Neumayr, qu'il donne le nom de *Mésogée.* L'étude des Rudistes n'en racontant l'histoire que jusqu'à la fin des temps secondaires, Douvillé demande de nouveaux témoignages à d'autres groupes, postérieurs dans leur évolution : les Orbitolines et les Nummulites notamment. Il suit leur trace en Afrique, en Asie et jusqu'à la Jamaïque et aux Indes néerlandaises.

Ces recherches permettent de retracer l'histoire de la Mésogée jusqu'au moment où la surrection des isthmes de Panama et de Suez, en la divisant en tronçons, réduit le rôle considérable qu'elle a rempli dans l'évolution du globe terrestre et des formes animales primitives. Douvillé montre que les eaux chaudes de la Mésogée séparaient l'Europe de l'Afrique, les recouvrant en partie l'une et l'autre, tandis qu'elle envoyait des prolongements à l'intérieur des terres. C'est ainsi que le bassin de Paris communiquait avec elle par la Basse-Loire, tandis qu'il était baigné, en direction de la Belgique, par les eaux froides des mers boréales.

L'étude approfondie des groupes mésogéens est accompagnée de celle de divers Invertébrés : Oursins, Brachiopodes, Lamellibranches, Ammonites. La morphologie des diverses espèces d'animaux fouisseurs permet de discerner des caractères convergents, liés au genre de vie, et elle apporte une

confirmation imprévue de la notion évolutionniste que la fonction fait l'organe.

Représentant éminent de la paléontologie et maître incontesté d'une partie de cette science, Douvillé demeure fidèle à la Géologie et il lui consacre nombre de Mémoires ou de Notes. En dehors de sa participation à l'établissement de la Carte géologique de la France, il étudie plusieurs régions, seul ou avec divers collaborateurs. Dès 1871, il précise, par l'analyse stratigraphique, l'âge des calcaires de Château-Landon et du Berry; il étudie avec le même bonheur les assises jurassiques du Berry et du Poitou. En 1900, il donne une explication, vérifiée depuis, de la distribution et de l'aspect des terrains tertiaires de la région d'Interlaken....

Après sa retraite, en 1911, Douvillé ne cesse de s'intéresser aux collections de l'École des Mines, et il continue jusqu'à sa dernière heure ses études et ses publications.

Il avait succédé, en 1907, à son ami Marcel Bertrand dans la section de minéralogie; il était ainsi un de nos doyens d'âge et d'élection.

Nous conserverons longtemps son souvenir. Son visage exprimait la franchise de son caractère et reflétait la sérénité de son âme. La discrétion de son attitude s'alliait à une exquise courtoisie. Ceux qui ont eu le privilège de son amitié vantent l'étendue de sa culture et le charme de son esprit. On ne peut que s'associer sans réserve au jugement que portait sur lui Albert de Lapparent, alors qu'il y a trente années il le présentait aux suffrages de l'Académie : « Savant universellement estimé, chez qui la dignité du caractère et le désintéressement ont toujours été à la hauteur du savoir. »

Nous adressons à Madame Douvillé et à ses enfants l'expression de nos profonds regrets et de notre vive sympathie.

M. le **Président** souhaite la bienvenue à M. **Bohuslav Hostinsky**, professeur de l'Université de Brno, qui assiste à la séance.

CALCUL DES PROBABILITÉS. — *Sur l'imitation du hasard.*
Note de M. **Émile Borel**.

J'ai posé, depuis plusieurs années, dans mon cours de la Faculté des Sciences et dans diverses publications, la question de savoir si l'esprit humain pouvait imiter le hasard. Je me suis aperçu que, si la question est

bien posée, la réponse ne peut être que négative et je voudrais essayer de préciser le résultat de mes réflexions. Cela ne diminue pas l'intérêt de recherches récentes sur les notions de collectif (von Mises) ou de nombres admissibles (Copeland), mais cela les situe sur un plan différent ([1]).

La question est de savoir si un individu A peut construire, par un moyen quelconque autre que le tirage au sort ou un procédé équivalent, une suite indéfinie, composée, par exemple, des chiffres o et 1, cette suite présentant *tous les caractères* d'une suite analogue résultant de tirages au sort successifs. Admettre cette possibilité, c'est admettre que A, pour fixer la valeur du $(n+1)^{\text{ième}}$ terme de la suite, se déterminera en utilisant, d'une part une certaine connaissance C des n premiers termes, d'autre part un certain ensemble E de recherches mathématiques. Lorsque C et E sont donnés, il y a une certaine probabilité p pour que A choisisse o et une probabilité $1-p$ pour qu'il choisisse 1. Certains pourraient nier l'existence de p, en objectant que la probabilité n'existe que pour un ensemble d'éventualités, et non pour une éventualité isolée; pour lever cette objection, il suffit d'imaginer un grand nombre d'individus A_1, A_2, ..., A_k, pour lesquels C et E seraient les mêmes; la valeur expérimentale de p pourra être déterminée avec une précision d'autant plus grande que k sera lui-même plus grand.

Dès lors, de deux choses l'une. Ou bien, quels que soient C et E, la probabilité p est égale à $1/2$. On peut alors dire que C et E sont inutiles, puisque la seule règle qui s'imposera à A sera de choisir entre o et 1 avec une probabilité $1/2$; pour imiter le hasard, il n'a pas autre chose à faire que d'utiliser un tirage au sort ou un procédé équivalent, comme une sorte de tirage au sort mental, dont on pourrait imaginer bien des modalités, donnant une précision comparable à celle des mécaniques les mieux construites.

Si, au contraire, la probabilité p diffère de $1/2$, imaginons un joueur B connaissant également C et E; si ce joueur B choisit o ou 1 en procédant

---

([1]) Voir A. H. COPELAND, *Point set theory applied to the random selection of the digitc of an admissible number* (*American Journal of Mathematics*, 58, 1936, p. 181-192). Aux indications bibliographiques que l'on trouvera dans ce travail, il faut ajouter deux Notes de M. JEAN VILLE, *Sur les suites indifférentes* (*Comptes rendus*, 202, 1936, p. 1393); *Sur la notion de collectif* (*Ibid.*, 203, 1936, p. 26) et plusieurs publications de M. Paul Lévy dont la plus récente est un ouvrage sous presse, *Théorie de l'addition des variables aléatoires*, p. 10 (*Collection de Monographies des Probabilités*, fascicule I, Paris, 1937).

d'après les mêmes principes que A, et si B parie qu'il fera le même choix que A, la probabilité pour que B gagne sera $p^2 + (1 - p)^2$ et sera donc supérieure à 1/2. La série construite par A ne possède donc pas le caractère le plus important d'une série obtenue par tirages au sort successifs, puisqu'un joueur peut jouer contre cette série avec une espérance mathématique de gain positive, alors que l'espérance mathématique est nulle pour le joueur qui joue un jeu équitable contre le hasard.

La seule objection qui me paraît pouvoir encore être faite est la suivante : ne peut-il arriver que E reste secret et soit par suite inconnu de tout joueur B ? Par exemple A choisirait les chiffres successifs d'un nombre x tel que π, ou $\sqrt{2}$, ou tel autre nombre plus compliqué, supposé écrit dans le système binaire. Il est vraisemblable qu'une telle série aurait la plupart des caractères d'une série produite par le hasard ; pour celui qui connaît E, c'est-à-dire le nombre x, la probabilité p_n relative au $n^{\text{ième}}$ chiffre a, soit la valeur 0, soit la valeur 1, puisque ce chiffre est rigoureusement déterminé ; pour celui qui ignore x, cette probabilité est très vraisemblablement égale à 1/2.

Une première réponse à cette objection est que le problème de savoir quelle est la fréquence des chiffres décimaux ou binaires d'un nombre tel que π ou $\sqrt{2}$ n'est pas encore résolu ; mais une réponse plus sérieuse me paraît être la suivante : si un procédé de calcul permet de déterminer sans ambiguïté les chiffres successifs d'une suite indéfinie, on ne peut plus parler de hasard ; l'esprit humain pourrait être remplacé par une machine à calculer suffisamment compliquée pour donner successivement ces chiffres ; ce n'est donc pas par l'esprit humain que serait imité le hasard, mais par la nature arithmétique du nombre x qu'on aurait choisi ; le choix fait de ce nombre x équivaudrait à une infinité dénombrable de choix successifs.

Nous pouvons donc conclure que l'esprit humain est incapable d'imiter le hasard. Un individu A qui serait chargé d'imiter la roulette, c'est-à-dire de décider successivement rouge ou noir, pair ou impair, etc., ne pourrait y parvenir qu'en s'efforçant, à chaque coup, indépendamment des précédents, d'effectuer un tirage au sort mental, par exemple en combinant plusieurs nombres choisis au hasard par lui et en déduisant sa décision des propriétés arithmétiques de cette combinaison.

PHARMACOLOGIE. — *L'accroissement de la teneur du foie en glutathion par la médication soufrée.* Note de MM. **Antonin Gosset** et **Léon Binet.**

Deux ordres de faits : des faits cliniques d'abord, des faits expérimentaux ensuite, pour chercher à expliquer les premiers, nous ont amenés à préciser l'action de certaines substances soufrées sur la glande hépatique.

Faits cliniques. — *Cas I.* — M. K..., avocat, 55 ans, est opéré le 22 octobre 1931, pour lithiase biliaire avec angiocholite et poussées d'ictère.

On trouve une vésicule atrophiée, scléreuse, contenant de petits calculs noirs. Le cholédoque n'est pas dilaté, mais dans la tête du pancréas on sent un noyau arrondi, très dur, de la grosseur d'un œuf de pigeon.

Étant donné que le drainage des voies biliaires est rendu nécessaire par l'existence des phénomènes d'angiocholite et que la vésicule, réduite à l'état d'une mince coque fibreuse, n'est pas utilisable pour ce but, on ouvre le cholédoque pour y établir ce drainage, et l'on profite de son ouverture pour explorer le canal, surtout son bout inférieur. Cette exploration permet de constater un arrêt très net au niveau de l'ampoule de Vater, au niveau du noyau pancréatique reconnu à l'exploration digitale. On met dans le cholédoque un drain en caoutchouc n° 15.

Les suites opératoires paraissent d'abord simples, quoique la bile recueillie (250^g le 1er jour, 300^g le 6e jour, 175 le 18e jour) soit toujours en quantité insuffisante. A partir du 20e jour, l'opéré s'affaiblit, la quantité d'urine des 24 heures tombe à 250^g; on note quelques vomissements, et le 35e jour un phénomène grave survient, de l'hypothermie (36°,4) avec pouls filiforme, hoquet, et tendance à la somnolence. La situation paraît désespérée. On recourt alors à la médication soufrée (3^g hyposulfite de soude) et on assiste, en 24 heures, à une véritable résurrection, comme on l'observe après l'administration de sérum hypersalé dans certaines occlusions intestinales. Le malade guérit et quitte la clinique au 58e jour. Depuis cette époque, il reste en parfaite santé.

Cas II. — M. Alfred S..., 68 ans, entre à la Salpêtrière, salle Terrier, pour un ictère chronique ayant débuté il y a 2 mois et demi. L'opération, pratiquée le 25 février 1936, montre un cancer du trépied biliaire. On ne peut rien faire opératoirement pour soulager le malade. Malgré cela, on pratique une fistule sur la vésicule, fistule qui, comme il fallait s'y attendre, n'a jamais fourni le moindre écoulement de bile. Le malade est condamné sans espoir et à bref délai. En effet, après avoir quitté l'hôpital sur la

demande de sa famille le 19 mai, il meurt chez lui quelques jours après. Mais du 26 février au 19 mai, il s'est écoulé 83 *jours*, et pendant cette période nous avons utilisé, chez lui, à deux reprises, la médication soufrée. Le huitième jour après l'opération, elle fut administrée pendant cinq jours consécutifs; on la reprend ensuite le 20, le 21 et le 22 avril. La dose de soufre administrée chaque jour a varié de $0^{g},058$ de thiosinamine à $0^{g},116$. Ce qui est frappant à chaque emploi de cette thérapeutique, c'est la grande amélioration qui survient et se maintient pendant une quinzaine de jours : vingt-quatre heures après le début des injections soufrées, le malade accuse une sensation de bien-être, les forces lui paraissent revenir, et fait à noter (sans qu'il soit possible de l'expliquer) les démangeaisons qui étaient chez lui particulièrement pénibles devenaient très supportables.

Dans ce cas où aucune guérison n'était possible, nous avons eu l'impression très nette (et tous ceux qui suivaient avec nous ce malade l'ont partagée) que la médication soufrée avait une influence indiscutable et bienfaisante.

Cas III. — Mme C..., 45 ans, est opérée le 24 février 1936 pour un kyste hydatique du foie. En 1914, elle a déjà été opérée pour un premier kyste hydatique, du foie également; puis, en 1918, pour un second kyste hydatique. L'opération du 24 février 1936, la troisième par conséquent, montre, dans le lobe gauche du foie, un kyste du volume d'une tête d'enfant à terme. En effondrant la paroi droite de ce kyste, on ouvre une autre poche, énorme, qui siège dans le lobe droit et dont on retire, par aspiration électrique, exactement 4 litres de liquide et un volume égal d'hydatides, soit un total de 8 litres.

Suites relativement simples au début. Mais la malade maigrit, s'affaiblit, et vers le 29e jour après l'opération, le pronostic est très mauvais. La radiographie montre que le foie est réduit considérablement dans son épaisseur. La malade prend une teinte cireuse.

Le 25 mars, on commence la médication soufrée par voie intraveineuse, et on la continue le 26, le 27, le 28, le 30 mars, aux mêmes doses que chez le malade précédent. On assiste alors, et cela au bout des 24 premières heures, à une transformation extraordinaire; retour de l'appétit, reprise des forces, disparition de la teinte cireuse de la face. La malade sort le 27 avril et reste guérie à ce jour.

Comment expliquer ces résultats ?

FAITS EXPÉRIMENTAUX. — On sait aujourd'hui l'importance biologique du glutathion, tripeptide formé d'une molécule de cystéine unie à une molé-

cule d'acide glutamique et une molécule de glycocolle. De tous les organes de l'économie, le foie est celui qui possède le taux de glutathion le plus élevé, et de plus, dans la période de jeûne, la glande hépatique déverse cette substance dans le sang circulant ([1]). Par ailleurs, la méthode expérimentale a montré un affaiblissement de la teneur du foie en glutathion, au cours de nombreuses infections ou intoxications; aussi nous a-t-il semblé intéressant d'étudier divers agents chimiques, capables d'élever la quantité de glutathion dans divers tissus, dans le foie en particulier. Nous voudrions retenir ici les expériences poursuivies avec Georges Weller et ayant porté sur la thiosinamine ou allylsulfourée.

Nous avons injecté à des lapins, par voie intrapéritonéale ou par voie intraveineuse, une solution de thiosinamine, à des doses qui ont varié de $0^g,15$ à 1^g. L'animal a été sacrifié par saignée après un temps variable et les dosages pratiqués d'après la technique antérieurement décrite ([2]). Quelques résultats peuvent être schématisés dans le tableau suivant.

Teneur en glutathion réduit

(exprimée en milligrammes pour 100^g de tissus frais).

	Sang.	Foie.	Rein.
Lapin normal (moyenne)	28	268	110
Lapin injecté : 4 injections de thiosinamine à 48 heures d'intervalle sacrifié 2 jours après la dernière injection	44	432	220
Lapins injectés avec la thiosinamine (1^g) sacrifiés après 2 heures	37,5	374	181
Lapins injectés avec la thiosinamine (1^g) sacrifiés après 24 heures	33,3	415	164

Ces chiffres nous montrent une forte élévation du taux du glutathion dans le foie, sous l'influence de la médication soufrée; cette augmentation est également notée dans le rein et dans le sang. Nous croyons qu'on peut rapprocher cette constatation biochimique des améliorations notées en clinique chez des opérés du foie soumis à cette médication.

([1]) Léon Binet et Georges Weller, *Comptes rendus*, **201**, 1935, p. 992.

([2]) Léon Binet et Georges Weller, *Comptes rendus*, **193**, 1934, p. 1185; *Bull. Soc. Chimie biol.*, **18**, 1936, p. 358.

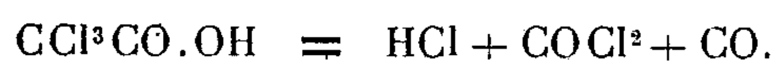
CHIMIE ORGANIQUE. — *Décomposition catalytique, en système liquide, des acides acétiques halogénés. Action de l'acide sulfurique.* Note (1) de M. **Jean-Baptiste Senderens.**

I. La décomposition catalytique, *en phase gazeuse*, des acides acétiques halogénés avait fait l'objet de nos précédentes recherches (2). Dans ces expériences, faites avec la thorine, le kaolin et le noir animal, on était obligé, en raison du point d'ébullition élevé des acides acétiques halogénés, de se tenir à des températures supérieures à 200°. Il était donc fort possible que leur décomposition se produisit à des températures plus basses, et c'est ce qui m'a conduit à opérer en système liquide. A cet effet, j'ai chauffé lesdits acides (60^g), mêlés aux catalyseurs (10^g), dans un ballon A communiquant par un tube recourbé avec un petit ballon B tubulé réuni à un flacon laveur F dont l'eau retenait les gaz solubles, tandis que les gaz insolubles étaient recueillis dans une éprouvette à eau. La température de la réaction était donnée par un thermomètre dont le réservoir plongeait en entier dans l'acide halogéné du ballon A.

II. Acide trichloracétique CCl^3CO^2H (Éb. 195°). — On a d'abord porté progressivement cet acide seul jusqu'à la température de son ébullition sans constater le moindre dégagement gazeux.

a. Pierre ponce granulée. — Son action sur l'acide trichloracétique se manifeste vers 180° par la production de HCl et de gaz phosgène reconnaissable à son odeur suffocante. Dans l'éprouvette à eau on recueille un gaz qui brûle avec une flamme bleue et qui est un mélange à parties à peu près égales de CO et de CO^2.

La réaction paraît donc s'effectuer d'après l'équation



$$CCl^3CO.OH = HCl + COCl^2 + CO.$$

Au contact de l'eau le phosgène donne



$$COCl^2 + H^2O = 2HCl + CO^2.$$

b. Thorine. — Elle décompose l'acide trichloracétique vers 160°-165° en

(1) Séance du 18 janvier 1937.

(2) J.-B. Senderens, *Comptes rendus*, 172, 1921, p. 155; Senderens et Aboulenc, *Comptes rendus*, 172, 1921, p. 1585.

donnant les mêmes produits que la pierre ponce. Cette dernière ajoutée à la thorine rend la décomposition plus facile, car elle se fait dès 145°.

c. Phosphate tricalcique. — Il agit sur l'acide trichloracétique vers 135°. Le gaz recueilli dans l'éprouvette à eau brûle avec une flamme bleue et contient :

CO	60 pour 100
CO^2	40 »

d. Carbone : 1° Charbon activé. — Ce charbon qui laissait à la calcination à peine 3 pour 100 de cendres a décomposé l'acide trichloracétique vers 135° en donnant un gaz qui éteint la flamme et qui est du CO^2 à l'exclusion de CO. En même temps on recueille dans le petit ballon B du *chloroforme* bouillant à 61°,5.

On aurait donc pour la réaction



$$CCl^3CO^2H = CHCl^3 + CO^2.$$

L'*acide tribromacétique* donne avec le charbon activé des résultats semblables vers 136° : production de CO^2 et de $CHBr^3$ avec un peu de brome libre,



$$CBr^3CO^2H = CHBr^3 + CO^2.$$

2° *Noir animal.* — Lavé sommairement à l'acide chlorhydrique, puis à l'eau et séché, il retenait 25 pour 100 de matières minérales, surtout du phosphate de chaux. Il décompose vers 135° l'acide trichloracétique avec, sur l'eau, dégagement d'un gaz qui éteint la flamme et dont la composition est :

CO^2	86 pour 100
CO	14 »

Cet oxyde de carbone s'explique par la proportion de phosphate de chaux contenu dans le noir animal.

e. Chlorure de calcium anhydre. — Vers 160° il donne avec l'acide trichloracétique un gaz qui brûle avec une flamme bleue et a comme composition

CO	54,5 pour 100
CO^2	45,5 »

f. Acide sulfurique concentré. — Il se comporta vis-à-vis de l'acide trichloracétique non pas comme catalyseur, mais comme un agent chimique qui décompose cet acide dès 160° avec production de HCl retenu par le

flacon laveur et d'un gaz à flamme bleue et formée de :

CO	52 pour 100
CO^2....................	48 »

Dumas avait signalé la production de ces gaz lorsque l'acide trichoracétique est chauffé avec l'acide sulfurique concentré [1].

On ne constate que des traces de SO^2 et de charbon, et la réaction correspondrait à l'équation



$$CCl^3CO^2H + 2SO^4H^2 = CO^2 + CO + 3HCl + S^2O^7H^2.$$

Avec *l'acide tribromacétique* la décomposition par SO^4H^2 commence au-dessous de 160° et se traduit par l'apparition de brome, de HBr et de SO^2, en même temps que dans l'éprouvette à eau on recueille un gaz qui éteint la flamme et composé de :

CO^2....................	72 pour 100
CO.....................	28 »

III. Acide dichloracétique $CHCl^2CO^2H$ (Eb. 190°).

Thorine. — Elle ne paraît pas agir sur cet acide chauffé progressivement jusqu'à l'ébullition.

Mêlée avec son poids de *ponce granulée* la thorine décompose l'acide dichloracétique vers 175° et l'on recueille sur l'eau un mélange gazeux qui éteint la flamme et formé de :

CO^2...........	— 71 pour 100
CO............	— 29

Phosphate tricalcique. — Il décompose l'acide *dichloracétique* vers 145° avec production de HCl et d'un gaz formé de 58 pour 100 de CO^2 et 42 pour 100 de CO, où s'éteint la flamme.

Charbon activé. — Il agit sur l'acide *dichloracétique* vers 135° en donnant du HCl et du CO^2 à l'exclusion de CO, ce qui correspond à l'équation, en tenant compte du charbon déposé,



$$CHCl^2CO^2H = 2HCl + CO^2 + C.$$

L'acide *monochloracétique* $CH^2Cl - CO^2H$ est bien plus résistant, car il a pu être porté jusqu'à l'ébullition (186°) sans que le charbon activé provoquât le moindre dégagement gazeux.

---

[1] Dumas, *Ann. Chim. Phys.*, 2e série, 73, 1840, p. 76.

GÉOLOGIE. — *Les formations fluvio-glaciaires rhodaniennes des environs de Bellegarde (Ain) et le Glaciaire « néowurmien ».* Note (¹) de MM. **Maurice Gignoux** et **Franck Bourdier**.

Le défilé du Fort l'Écluse (²), que suit le Rhône entre la frontière suisse et Bellegarde, joue un grand rôle dans l'histoire du Quaternaire rhodanien. Un immense manteau de moraines souvent argileuses revêt les plateaux et les chaînons dans lesquels le défilé a été creusé, et s'élève au flanc des montagnes jusqu'à 1200^m environ. Dans le fond du défilé, Renevier a signalé en 1883 des « argiles lacustres », affleurant dans le lit même du Rhône (cote 330) et surmontées de sables fins, fluviatiles, montant jusqu'à 340 au moins.

En 1911, W. Kilian croit pouvoir admettre que les sables et argiles fluviatiles sont plus récents que les moraines élevées, ou *wurmiennes* : ils seraient « emboîtés » dans ces dernières, et supporteraient à leur tour des moraines très basses, se terminant en aval du défilé, vers Léaz, à la cote 450 environ, mais bien développées en amont, où elles remplissent tout le bassin du Léman. Ainsi, *après* la période glaciaire wurmienne, qui avait porté le front du glacier jusqu'aux abords de Lyon, il y aurait eu une *période de retrait*, pendant laquelle, depuis les environs de Genève jusqu'à Bellegarde, se seraient déposés des sables fluviatiles et des argiles lacustres (avec lignites au Bois de la Bâthie, à Genève); une *nouvelle avancée* aurait ensuite ramené le glacier dans le bassin de Genève, d'où une langue terminale se serait insinuée dans le fond du défilé du Rhône : c'était le « stade de Collonges-Fort l'Écluse », où W. Kilian suggérait de voir une dernière glaciation, le *Néowurmien*.

Les idées de W. Kilian, adoptées par L. Doncieux, puis par l'un de nous (³), furent au contraire combattues par certains géologues genevois. Depuis, l'étude d'une série de sondages entrepris dans le défilé par

(¹) Séance du 18 janvier 1937.

(²) On trouvera tous les noms de lieux cités ici sur la feuille Nantua de la Carte de France au 1/80000.

(³) M. Gignoux, *Géologie stratigraphique*, 1re édit., Paris 1926, p. 547.

la *Compagnie Nationale du Rhône* qui nous a autorisés à utiliser le résultat de ses travaux, nous a conduits à abandonner l'opinion de W. Kilian : nous considérons en effet les sables et argiles du Fort l'Écluse comme antérieurs et non postérieurs aux moraines wurmiennes : les moraines basses de la région de Genève, n'étant plus séparées des moraines wurmiennes par des formations interstadiaires ou interglaciaires, nous apparaissent dès lors comme de simples étapes de retrait de la glaciation wurmienne (1).

Remarquons d'abord qu'*en aval du défilé* on connaît depuis longtemps une *vallée du Rhône préwurmienne*. Le long de la berge gauche du fleuve près de Bange, au Sud de Léaz, on voit en effet, *sous* les moraines wurmiennes du plateau de Clarafond, affleurer des alluvions anciennes du Rhône qui descendent jusqu'au niveau du fleuve; au contraire, en aval de Bange, le Rhône s'encaisse dans les mollasses tertiaires. L'ancienne vallée s'écartait donc ici du Rhône actuel et se dirigeait vers le Sud, sous le plateau de Clarafond, pour aboutir dans la vallée affluente de la rivière des Usses, et enfin rejoindre le Rhône actuel un peu en amont de Seyssel. Cette ancienne vallée, découverte par Schardt, a été ensuite étudiée par Lugeon et Foussemagne, puis par W. Kilian et L. Doncieux.

Ainsi, en aval de Bange, tout le monde s'accorde à admettre l'existence d'une ancienne vallée préwurmienne, aussi profondément creusée que la vallée actuelle, puis remplie d'alluvions, et enfin noyée sous l'immense manteau des moraines wurmiennes. Or, en amont, *la seule voie d'accès de cette ancienne vallée est précisément le défilé du Fort l'Écluse. Si donc nous retrouvons dans le fond de ce défilé des lambeaux d'alluvions, il sera tout naturel d'y voir des restes de notre remblaiement antéwurmien;* il faudrait au contraire des arguments absolument péremptoires pour nous les faire considérer comme postwurmiens; or de tels arguments n'existent pas à notre avis.

W. Kilian avait sans doute été frappé par la différence de composition

(1) M. GIGNOUX, *Géologie stratigraphique*, 2e édit., Paris 1936, p. 678; on y trouvera des indications bibliographiques.

des remblaiements alluviaux dans ces deux régions : *les sables et argiles* du Fort l'Écluse sont des dépôts fins, d'allure plutôt lacustre, tandis que les alluvions préwurmiennes de Bange et de la vallée des Usses sont des *graviers et cailloutis*.

Les sondages de la Compagnie du Rhône nous ont montré qu'il y avait en réalité, entre le Fort l'Écluse et le viaduc du P. L. M. à Longeray, *tous les passages entre ces deux types de sédiments* : à l'aval, près du viaduc, on n'a que des graviers et des cailloutis; puis, vers l'amont, on voit s'y intercaler des lits de sables; sous le Fort apparaissent des lentilles argileuses, d'ailleurs assez minces (1^m à 2^m); aucun des sondages n'a permis de retrouver les 4^m d'argiles signalées par Renevier.

Enfin, à l'entrée amont du défilé, près du Pont Carnot (route de Collonges à Vulbens), on a toujours des sables et graviers avec lits d'argiles. Nous entrons d'ailleurs ici dans le bassin de Genève, et, *sous* les alluvions antéwurmiennes, on voit pointer çà et là des *moraines de fond* qui représenteraient alors des témoins d'un « *Riss* ». Ainsi, sur la rive gauche immédiatement en amont du Pont Carnot, un vieux moulin est fondé sur des argiles à galets striés très dures, nettement distinctes des alluvions, et qui sont pour nous de la moraine de fond rissienne. De même, à $1\,100^m$ en amont de ce Pont, sur la rive droite, un puits de sondage, après avoir traversé les habituelles alluvions préwurmiennes, sables et argiles, a rencontré une argile grise à cailloux tellement compacte qu'on a dû l'attaquer à la mine. Rappelons enfin qu'aux portes de Genève les berges du Rhône montrent, sous les célèbres argiles à lignites du Bois de La Bâthie, des pointements de moraines argileuses compactes (Riss) rappelant tout à fait les affleurements que nous venons de décrire en France.

M. E. Cartan fait hommage à l'Académie de ses *Leçons sur la théorie des espaces à connexion projective*, rédigées par Paul Vincensini.

CORRESPONDANCE.

L'**Institut de Physique de l'Université de Moscou** fait savoir à l'Académie qu'il a consacré une séance à la mémoire et à l'œuvre d'*Henry Le Chatelier*.

L'**Académie Méditerranéenne** annonce à l'Académie qu'elle organise un Congrès qui aura lieu à Monaco les 25, 26 et 27 mars 1937, pour l'étude de *la corrosion par l'eau de mer*.

M. **René Bourret** adresse des remercîments pour la distinction que l'Académie a accordée à ses travaux.

MM. **René Dubrisay** et **Charles Dufraisse** prient l'Académie de vouloir bien les compter au nombre des candidats à la place vacante dans la Section de Chimie par le décès de M. *H. Le Chatelier*.

GÉOMÉTRIE. — *Sur les courbes gauches du quatrième ordre.* Note (1) de M. **Marc Courtand**.

Dans ses remarquables travaux de Géométrie finie, C. Juel (2) a considéré en particulier des courbes gauches du quatrième ordre constituées par la réunion d'arcs élémentaires du troisième ordre et dont toute perspective est par suite une courbe élémentaire. Il a dénombré les points de surosculation sur ces courbes en les supposant dans certains cas tracées sur un hyperboloïde réglé. On peut se demander si ces résultats restent valables pour des courbes gauches projectivement fermées, du quatrième ordre, dont on suppose simplement qu'elles sont continues et possèdent en chaque point une tangente unique et un plan osculateur unique qui varie continuement.

Une telle courbe présente au plus un point double ou une pointe (point dont la perspective à partir d'un point de vue quelconque est un rebroussement). Dans le cas où elle ne possède aucune de ces singularités, elle peut admettre des trisécantes. Une trisécante ordinaire la rencontre en trois points distincts. Une trisécante de contact est une tangente qui a sur la courbe un point distinct de son point de contact. Une trisécante inflexionnelle qui rencontrerait la courbe en trois points confondus ne peut exister.

La perspective de la courbe à partir d'un point de vue pris sur elle est,

---

(1) Séance du 11 janvier 1937.

(2) *Mém. de l'Ac. Roy. d. Sc. et d. Let. d. Danemark; Sect. d. Sc.*, 7e série, 1, n° 6, 1906, p. 324.

sur un plan qui ne contient pas le point de vue, une courbe plane du troisième ordre au plus formée, d'après M. Marchaud [1], par la réunion de deux ou trois arcs convexes. Ces arcs possèdent une tangente en tout point et la cubique plane est une courbe élémentaire au sens de C. Juel.

L'étude de la correspondance entre le point d'osculation A et le point simple B situés dans un plan osculateur à la courbe gauche conduit aux résultats suivants :

Les points A et B ne peuvent jamais coexister sur un arc joignant deux points de surosculation consécutifs sur la courbe. Un tel arc est donc du troisième ordre s'il n'admet aucune trisécante.

Si le point A décrit la courbe dans un sens donné, le mouvement de B ne peut s'inverser que lorsque A atteint le point de contact d'une trisécante de contact.

On peut alors dénombrer les points de surosculation sur la courbe :

I. *La courbe sans point double, pointe ni trisécante a quatre plans stationnaires. Elle est formée de quatre arcs élémentaires du troisième ordre qui se raccordent aux points de contact de ces plans.*

II. Si la courbe admet des trisécantes mais aucune trisécante de contact, par chacun de ses points il passe une trisécante ordinaire. *Elle n'a aucun plan stationnaire ni aucun plan bitangent. Elle peut être décomposée d'une infinité de manières en trois arcs élémentaires dont les extrémités sont situées sur une trisécante quelconque.*

III. Quand il y a des trisécantes de contact, elles se présentent par couples. On passe de l'une à l'autre des trisécantes d'un même couple en déplaçant le long de la courbe une trisécante ordinaire et on ne rencontre chemin faisant aucune autre trisécante de contact. Les points simples B_1 et B_2 des deux trisécantes de contact B_1A_1, B_2A_2 d'un même couple limitent sur la courbe un arc $B_1A_2A_1B_2$ par tout point duquel passe une trisécante. Il peut y avoir au maximum deux couples de trisécantes de contact qui déterminent deux tels arcs (extérieurs l'un à l'autre). Par tout point de la courbe qui n'est pas située sur ces arcs il ne passe aucune trisécante.

La courbe à quatre trisécantes de contact n'a pas de plan stationnaire et est constituée par quatre arcs élémentaires.

La courbe qui admet deux trisécantes de contact a deux plans stationnaires et se compose de trois arcs élémentaires.

IV. Un point double sur la courbe la divise en deux pseudo-branches

---

[1] *Comptes rendus*, 189, 1929, p. 16.

toutes deux d'ordre pair ou d'ordre impair. *La courbe à pseudo-branches paires est constituée par deux arcs élémentaires et a deux plans stationnaires.*

La courbe à pseudo-branches impaires n'a aucun plan stationnaire et se décompose d'une infinité de manières en un couple d'arcs élémentaires.

Enfin si la courbe a un point de rebroussement, *elle présente un plan stationnaire et est formée de deux arcs élémentaires.*

Ces résultats montrent en particulier qn'une perspective quelconque de la courbe est une courbe plane élémentaire. Ils précisent en outre le théorème donné par M. Haupt ([1]) établissant que la courbe est constituée par la réunion d'un nombre borné d'arcs du troisième ordre ([2]).

GÉOMÉTRIE ALGÉBRIQUE. — *Sur les systèmes canoniques d'une variété algébrique.* Note de M. **Max Eger**, présentée par M. Élie Cartan.

Des systèmes canoniques ont été définis sur une variété algébrique V_n, en supposant que celle-ci possède des intégrales de Picard de première espèce fonctionnellement indépendantes ([3]). Avant d'étendre ces définitions aux autres types de V_n, nous allons examiner certains problèmes de contact, que les variétés K_λ^n permettent de résoudre.

1. *Variété de contact de* ρ *intégrales de première espèce et de* $\lambda+1-\rho$ *fractions rationnelles.* Désignant par $\varphi_0, \varphi_1, \ldots, \varphi_{\lambda-\rho}$ les fractions rationnelles, et par $u_1, u_2, \ldots, u_\rho$ les intégrales de première espèce, le problème revient à trouver la variété $\{\varphi_0, \varphi_1, \ldots, \varphi_{\lambda-\rho}, u_1, \ldots, u_\rho\}$. Introduisons une $(\rho+1)^{\text{ième}}$ intégrale de première espèce, u_0, et considérons la variété

$$\Sigma = \{\varphi_0, \varphi_1, \ldots, \varphi_{\lambda-\rho}, u_0, u_1, \ldots, u_\rho\}.$$

Soit, sur Σ, δ le déterminant fonctionnel

$$\delta = \frac{D(\varphi_0, \varphi_1, \ldots, \varphi_{\lambda-\rho}, u_1, \ldots, u_\rho)}{D(u_0, \varphi_1, \ldots, \varphi_{\lambda-\rho}, u_1, \ldots, u_\rho)},$$

fraction rationnelle du point de Σ. La variété des zéros (ou des pôles) de δ

([1]) *Math. Annalen*, 108, 1933, p. 126.

([2]) Ces résultats obtenus il y a quelques mois présentent une partie commune avec ceux que vient de publier M. P. Scherk, *Math. Annalen*, 112, 1936, p. 743.

([3]) Cf. *Comptes rendus*, 204, 1937, p. 92.

comprend (outre des variétés communes au dénominateur et au numérateur de δ) certaines variétés sections de Σ par les V_{n-1} polaires et les V_{n-2} bases des φ_i. En évaluant convenablement l'ordre d'infinitude de ces variétés pour δ, on trouve, par récurrence, que la variété des contacts cherchée est donnée par la formule

$$(\alpha) \qquad \{\varphi_0 \ldots u_\rho\} \equiv K_\lambda (1+\varphi_0)^2 (1+\varphi_1)^2 \ldots (1+\varphi_{\lambda-\rho})^2.$$

Dans le second membre on développe les puissances et un terme tel $K_\lambda(\varphi_0^{\alpha_0}\varphi_1^{\alpha_1}\ldots\varphi_{\lambda-\rho}^{\alpha_{\lambda-\rho}})$ indique que l'on prend une *variété canonique de dimension* λ de la variété (*intersection*) figurée par la parenthèse, où les φ_i désignent les V_{n-1} polaires des fonctions de même nom (ou toute autre variété équivalente), en remplaçant par zéro les symboles dépourvus de sens.

2. La formule fondamentale (α) s'applique au cas où $\rho = 0$, et donne la *variété de contact de* $\lambda + 1$ *faisceaux linéaires.*

La formule obtenue dans ce cas suggère l'extension des K_λ^n à une variété quelconque. En effet, en supposant les K_λ déjà introduits dans les variétés de dimension $\leq n-1$, on peut montrer que la variété K_λ^n *définie par* (α) reste *équivalente à elle-même* lorsqu'on varie un seul de faisceaux φ_i, et par suite $|K_\lambda^n|$ est *indépendant* des faisceaux servant à le définir.

3. Par dégénérescence du cas examiné au n° 1 (entre faisceaux appartenant à un même système linéaire que l'on fait varier de manière à acquérir une hypersurface en commun), on résout le problème suivant : *variété de contact de* ρ *intégrales de première espèce et de k systèmes linéaires.* Soient $u_1, \ldots, u_\rho$ les intégrales de première espèce et F_i une hypersurface d'un système linéaire de dimension $\lambda_i + 1$. La formule (α) donne

$$(\beta) \qquad \{F_1, F_2, \ldots, F_k;\, u_1, u_2, \ldots, u_\rho\} \equiv K_\lambda \prod_1^k (1+F_i)^{\lambda_i+1},$$

où $\lambda = \Sigma\lambda_i + \rho - 1$, et où le second membre a le sens précisé au n° 1.

4. Ce cas donne à son tour, par dégénérescence (avec $\rho = 0$), *la jacobienne*, J_λ, *d'un système linéaire* de dimension $\lambda + 1$ (supposé naturellement générique)

$$(\gamma) \qquad J_\lambda \equiv K_\lambda (1+F)^{\lambda+2},$$

où F est une hypersurface du système.

5. Au moyen de (γ), ou directement, on peut montrer que, $|F|$ étant un système linéaire, on a

$$(\delta) \qquad K_\lambda^F \equiv (F,\, K_{\lambda+1}^F + K_{\lambda+1}^n)$$

On en déduit immédiatement, F^ρ désignant la $\rho^{\text{ième}}$ variété caractéristique (de dimension $n-\rho$) de $|F|$,

$$K_\lambda^{F^\rho} \equiv (F, K_{\lambda+1}^{F^\rho} + K_{\lambda+1}^{F^{\rho-1}}).$$

Cette formule permet d'exprimer $K_\lambda^{F^\rho}$, *en fonction uniquement des* K_λ^n et des F^ρ. On obtient ainsi

$$(\varepsilon) \qquad K_\lambda^{F^\rho} \equiv \frac{F^\rho K_{\lambda+\rho}}{(1-FK)^\rho},$$

où le second membre est à développer en série par rapport à K, et où un terme tel que $F^\rho K_{\lambda+\rho} F^\alpha K^\alpha$ est à remplacer par $F^{(\rho+\alpha)} K_{\lambda+\rho+\alpha}^n$ (par zéro si $\lambda+\rho+\alpha > n$).

La formule (ε) se généralise au cas d'une variété intersection complète $W=(F_1, F_2, \ldots, F_\rho)$ et s'écrit alors

$$(\varepsilon') \qquad K_\lambda^W \equiv \frac{WK_{\lambda+\rho}^n}{(1-KF_1)(1-KF_2)\ldots(1-KF_\rho)}.$$

On voit ainsi que la variété définie par

$$A_\lambda^W \equiv \frac{K_{\lambda+\rho}^n}{(1-KF_1)\ldots(1-KF_\rho)}$$

peut se nommer *adjointe d'indice* λ de W, puisque K_λ^W s'écrit

$$K_\lambda^W \equiv (WA_\lambda^W).$$

La formule (ε') permet de transformer les formules (α), (β), (γ), *en n'introduisant que les* K_λ^n, ce qui donne, pour (γ) par exemple,

$$J_\lambda \equiv \frac{K_\lambda^n}{(1-FK)^{\lambda+2}}.$$

ESPACES ABSTRAITS. — *Les espaces à caractère fini.* Note de M. **Jean-Louis Destouches**, présentée par M. Élie Cartan.

1. L'objet de cette Note est de définir une classe d'espaces et d'en énoncer quelques propriétés. Certains espaces particuliers de cette classe sont déjà d'ailleurs utilisés : espaces de Linfield [1] dans la théorie du

---

[1] Linfield, *Thèse*, Strasbourg, 1924.

coloriage des cartes, espaces discrets d'Alexandroff (1) en topologie combinatoire, espaces corpusculaires et espaces de cellules expérimentales dans notre théorie de l'espace physique (2).

Nous dirons qu'un espace ($\mathcal{V}$) (3) est à *caractère fini en un point a* si la famille $\{V_a\}$ des voisinages de ce point a comprend un $V_a^{(1)}$ contenu dans tout V_a ne se réduisant pas à a ou si a est un point isolé. Un espace ($\mathcal{V}$) sera *un espace à caractère fini* ou espace (Cf) si la propriété précédente a lieu en tout point de l'espace.

Toute famille $\{V_a\}$ d'un point a d'un espace (Cf) est topologiquement équivalente à la famille se réduisant à $V_a^{(1)}$. La fermeture $\overline{E}$ d'un ensemble E d'un espace (Cf) est l'ensemble des points a tels que $V_a^{(1)}$. E est non vide. Il en résulte qu'en général la fermeture $\overline{a}$ d'un ensemble d'un élément a ne se réduit pas à a. Un point a tel que $\overline{a} = a$ sera dit *sommet*. La fermeture est totalement distributive, en particulier $\overline{E}$ est la réunion des fermetures $\overline{a}$ des points a qui composent E. Généralement la fermeture $\overline{E}$ n'est pas un ensemble fermé : $\overline{\overline{E}} \supset \overline{E}$.

L'espace entier est fermé; la fermeture d'un ensemble fermé est fermée; une somme ou un produit d'ensembles fermés est un ensemble fermé; une somme ou un produit d'ensembles ouverts est un ensemble ouvert.

2. Les ensembles $\overline{a}$ peuvent à leur tour être considérés comme les premiers voisinages des points a de l'espace. On définit ainsi une topologie distincte de celle définie par les $V_a^{(1)}$. Nous l'appellerons la *topologie réciproque*, car la fermeture d'un point a est alors $V_a^{(1)}$, et la $n^{\text{ième}}$ fermeture de a est alors $V_a^{(n)}$. La réciproque d'une réunion de fermetures est la somme des réciproques de chaque fermeture. La réciproque d'un ensemble fermé est un ensemble identique à son premier voisinage $V_E^{(1)}$. Un tel ensemble sera dit *contre-fermé*, le préfixe *contre* sera utilisé de cette façon pour toute propriété exprimée avec la topologie réciproque. La réciprocité permet de définir un espace (Cf) à partir des propriétés de la fermeture au lieu des voisinages : *Un espace* (Cf) *est un espace tel que l'opération de fermeture soit totalement additive* (la fermeture d'un point ne se réduit pas en général à ce point) ou, ce qui est équivalent : *Un espace* (Cf) *est un espace tel que*

(1) ALEXANDROFF, *Comptes rendus*, 200, 1935, p. 1649.

(2) J.-L. DESTOUCHES, *Comptes rendus*, 200, 1935, p. 192, 434.

(3) Pour la définition des espaces ($\mathcal{V}$), voir FRÉCHET, *Les espaces abstraits*, 1928, p. 173.

la fermeture $\overline{E}$ *d'un ensemble* E *est la réunion des fermetures des points constituant* E.

3. Si C(E) est le complémentaire d'un ensemble E :

1° *Le produit de tous les ensembles* $C(\bar{a})$ ($\bar{a}$ étant la fermeture d'un ensemble d'un seul élément a) *contenant un point b est le complémentaire de la fermeture du complémentaire de* $V_b^{(1)}$, *soit* $C[\overline{C(V_b^{(1)})}]$;

2° *Le produit de tous les complémentaires* $C(a)$ *des points a tels que le point b appartienne à* $C(\bar{a})$ *est le premier voisinage* $V_b^{(1)}$ *du point b*;

3° *Les points a tels que le point b appartienne à* $C(\bar{a})$ *sont les points du complémentaire du premier voisinage de b, soit* $C[V_b^{(1)}]$. De ces trois propriétés résulte : 4° *Si le premier voisinage* $V_b^{(1)}$ *de b est ouvert, il est le produit de tous les* $C(\bar{a})$ *auxquels le point b appartient.* En changeant les voisinages en fermetures, on en déduit les quatre propriétés réciproques.

Nous appellerons *première couronne* d'un point a l'ensemble $V_a^{(1)} - a$. Le dérivé a' d'un point et la première couronne sont en liaison réciproque. La dérivation est totalement distributive. Le dérivé E' de E est la réunion des dérivés des points de E.

4. La propriété pour un ensemble d'être connexe est autoréciproque. *Si un ensemble n'a aucun point à la fois sommet et point isolé, il est ou connexe ou la somme d'un nombre fini ou infini d'ensembles connexes disjoints et séparés.* La connexité de E sera la puissance de la famille de ces ensembles qui le constitue. Il en résulte que l'espace entier A diminué de l'ensemble S.I des points à la fois sommets et points isolés est une somme d'ensembles connexes disjoints fermés et contre-fermés. Un ensemble de cette somme sera appelé *partie* de l'espace A. La puissance de la famille des parties est la connexité de l'espace. Aucun sous-ensemble d'une partie de l'espace n'est à la fois fermé et contre-fermé.

A la topologie d'un espace (Cf) définie par les $V_a^{(1)}$ et à la topologie réciproque définie par les fermetures $\bar{a}$, on peut encore adjoindre deux topologies définies respectivement par

$$U_a^{(1)} = V_a^{(1)} + \bar{a}, \qquad P_a^{(1)} = V_a^{(1)} . \bar{a}.$$

Ces deux topologies sont autoréciproques. Ces quatres topologies nous conduisent à un *principe de tétralité* dans un espace (Cf) : de toute propriété exprimée avec l'une des quatre topologies, on peut en obtenir trois autres qui se correspondent biunivoquement deux à deux en changeant les voisinages des quatre manières indiquées. En les points tels que

$a = V_a^{(1)}$, que nous appellerons *points réguliers*, les quatre voisinages sont identiques. Nous dirons d'un espace dont tous les points sont réguliers qu'il est *autoréciproque*.

Les espaces de Linfield sont les espaces (Cf) autoréciproques localement finis (c'est-à-dire dont tous les voisinages $V_a^{(1)}$ sont finis). Les espaces discrets d'Alexandroff sont les espaces (Cf) à fermeture fermée : $\overline{\overline{E}} = \overline{E}$. L'espace corpusculaire et les espaces des cellules expérimentales qui interviennent dans notre théorie de l'espace physique sont des espaces (Cf) que nous préciserons ultérieurement.

THÉORIE DES ENSEMBLES. — *Sur les conditions de convexité d'une variété* V_{p-1} *à* $p-1$ *dimensions plongée dans l'espace euclidien* R_p *à* p *dimensions*. Note de M. **Louis Pasqualini**.

1. *Définitions des points* c_+, c_- *et* n. — Nous supposerons la variété considérée représentable, relativement à des axes appropriés, par l'équation

$$x_p = f(x_1, x_2, \ldots, x_{p-1}),$$

où, par rapport à $x_1, \ldots, x_{p-1}$ pris en bloc, f est continue sans plus.

Soit $M\begin{cases} a_i \\ a_p \end{cases}$ un point courant de V_{p-1}. Choisissons les axes de manière que a_p soit positif, et soit h un nombre surpassant a_p; il existe un nombre k tels que les inégalités

$$0 < \Delta x < k \quad \text{et} \quad |x_i - a_i| < \Delta x \quad (i = 1, 2, \ldots, p-1)$$

entraînent $0 < f < h$.

Soient (E), (E′) les ensembles ponctuels suivants

$$\text{(E)} \qquad a_i - \Delta x \leqq x_i \leqq a_i + \Delta x, \qquad 0 \leqq x_p \leqq f;$$
$$\text{(E')} \qquad a_i - \Delta x \leqq x_i \leqq a_i + \Delta x, \qquad f \leqq x_p \leqq h.$$

M sera dit un point c_+ si E est convexe, un point c_- si E′ est convexe, un point n, si pour tout $\Delta x > 0$, ni E ni E′ n'est convexe. On démontre que les ensembles $\{c_+\}$ et $\{c_-\}$ sont ouverts, $\{n\}$ est donc fermé. En général, les ensembles $\{c_+\}$ et $\{c_-\}$ ne seront pas disjoints, car un point M aux environs formés par une portion d'hyperplan L_{p-1}, est à la fois c_+ et c_-. Inversement, si M appartient à $\{c_+\}$ $\{c_-\}$, ses environs sur V_{p-1}, frontière commune à E, E′, sont formés par une portion d'hyperplan.

2. *Définition d'une rondelle convexe dans sa totalité.* — Nous appelons *rondelle* tout sous-continu de la variété envisagée V_{p-1}, dont la projection orthogonale sur le sous-espace $x_p = 0$ est un ensemble convexe K. On peut attacher à une rondelle Σ deux ensembles ponctuels E et E′, se projetant sur $x_p = 0$ suivant K et tels que l'on ait, pour E, $0 \leqq x_p \leqq f$, et, pour E′, $f \leqq x_p \leqq h$ (¹). Si E est convexe, nous dirons que Σ est convexe dans sa totalité et que sa convexité est positive.

3. Théorème. — *Si une rondelle Σ est constituée exclusivement par des points c_+, elle est convexe dans sa totalité et sa convexité est positive.*

En effet, supposons que l'ensemble E attaché à Σ ne soit pas convexe.

Décomposons K en 2^{p-1} ensembles convexes K^{I}, K^{II}, ..., $K^{(2^{p-1})}$ en menant par un point m, intérieur à K, les $(p-1)$ hyperplans parallèles aux hyperplans $x_1 = 0$, $x_2 = 0$, ..., $x_{p-1} = 0$. Soient Σ_α la rondelle de V_{p-1} qui se projette suivant $K^{(\alpha)}$, et $E^{(\alpha)}$ l'ensemble attaché à cette rondelle. L'un, au moins, des ensembles $E^{(\alpha)}$ n'est pas convexe, sinon E serait convexe (²). Soit E_1 un ensemble $E^{(\alpha)}$ non convexe; il possède les mêmes propriétés que E. On peut donc former une suite d'ensembles non convexes emboîtes $E \supset E_1 \supset E_2 \supset \ldots$ qui ont pour limite une corde de E parallèle à l'axe OX_p. L'extrémité de cette corde qui se trouve sur Σ, ne peut être un point c_+, d'après la façon même de l'obtenir.

4. *Quelle est la nature d'un point* M, *intérieur à une rondelle* Σ, *dont tous les points, sauf* M, *sont des points* c_+?

Soient A et B deux points quelconques de l'ensemble E attaché à Σ et a, b leurs projections orthogonales sur K.

Si le segment $\overline{ab}$ n'admet pas le point m, projection de M, pour point intérieur on peut construire un sous-continu k convexe de K, contenant les points a et b et n'ayant pas m en son intérieur. La rondelle σ qui a pour projection k est convexe et à convexité positive; donc $\overline{AB}$ appartient à E.

Si $\overline{ab}$ admet m pour point intérieur, deux cas sont à envisager :

1° $p > 2$. On peut trouver une suite de points de K : b_1, b_2, ... tendant vers b et tels que les segments $\overline{ab_1}$, $\overline{ab_2}$, ... ne passent pas par m; il existe, donc, une suite de segments de E, $\overline{AB_1}$, $\overline{AB_2}$, ... tendant vers $\overline{AB}$; ce qui montre que $\overline{AB}$ appartient à E. Donc M est un point c_+.

2° $p = 2$. Si m est intérieur à $\overline{ab}$, il est intérieur, à partir d'un certain rang, à tout

(¹) En choisissant convenablement les axes de coordonnées.

(²) Je m'appuie ici sur le théorème suivant dont je possède la démonstration : « La condition nécessaire et suffisante pour que la réunion E d'un nombre fini d'ensembles convexes p-dimensionnels, n'empiétant pas l'un sur l'autre, soit convexe, est qu'en tout point de la frontière de E il existe un hyperplan d'appui local pour E ».

segment d'une suite $\overline{ab_1}$, $\overline{ab_2}$, ... tendant vers $\overline{ab}$. On ne peut plus rien dire sur la nature de M; ainsi, par exemple, l'origine des coordonnées est un point n de la courbe $y^3 = x^2$.

5. Quelle est la nature d'un point M intérieur à une rondelle Σ, dont tous les points sont des points c, au sens strict? (Nous appelons ainsi les points qui ne sont ni points n, ni point c_0). L'un des deux ensembles $\{c_+\}$ ou $\{c_-\}$ est vide; car, sinon, il y aurait sur Σ une infinité de points n. Nous sommes ramenés à la question précédente.

En résumé, dans les espaces à plus de deux dimensions, la condition nécessaire et suffisante pour qu'un point M soit un point c, au sens strict, est qu'il soit exclusivement entouré de points c. (M et les points qui l'entourent sont de même nature.)

Cette proposition ne s'applique pas au plan, comme nous l'avions déjà rappelé ([1]).

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Théorèmes relatifs aux intégrales de Laplace sur leur frontière de convergence.* Note ([2]) de M. **V. G. Avakumović**, présentée par M. Jacques Hadamard.

Dans ce qui suit, je supposerai

$$\mathrm{A}(u) \text{ réel pour } u \geqq 0,$$

$\mathrm{A}(u+h) - \mathrm{A}(u)$ limité dans le sens négatif par

$$(\mathrm{C}_k) \quad \liminf_{u=\infty} \operatorname*{Min}_{u \leqq u' \leqq \mathrm{U}} \{\mathrm{A}(u') - \mathrm{A}(u)\} = -w(\varepsilon) \to 0 \qquad (\varepsilon \to 0,\ \mathrm{U} = u + \varepsilon \sqrt[k]{u}),$$

pour un $k \geqq 1$, et l'intégrale

$$(1) \qquad \mathrm{J}(s) = \int_0^\infty e^{-su} \mathrm{A}(u)\, du \qquad (s = \sigma + it),$$

convergente pour tout $\sigma > 0$.

Entre les deux théorèmes, en quelque sorte extrêmes :

I. (Landau-Wiener). *Soit* $\mathrm{J}(s)$ *borné dans* $0 < \sigma < \sigma_0$, $|t| < \lambda$ *pour*

([1]) L. Pasqualini, *Bull. Ac. Roy. de Belgique*, 22, 1936, p. 1050-1058.

([2]) Séance du 4 janvier 1937.

tout λ *fini, et la condition* (C_k) *satisfaite avec* $k=\infty$, *alors* $A(u) \to 0$ *avec* $1/u$ [1];

II. (Littlewood-Schmidt). — *Soit* $J(\sigma)$ *borné pour* $\sigma > 0$ *et* (C_k) *satisfaite pour* $k=1$, *alors* $A(u) \to 0$ *avec* $1/u$ [2];

il existe une série de théorèmes intermédiaires présumés par J. Karamata sous la forme suivante :

III. *Soit* $J(s)$ *borné dans un domaine convexe dont la ligne frontière a, au point* $s=0$, *un contact d'ordre* $k-1$ *avec l'axe imaginaire, alors la condition* (C_k) *étant satisfaite,* $A(u) \to 0$ *avec* $1/u$.

J'esquisserai ici la démontration de ce théorème pour le cas $k=2$; d'ailleurs le cas général s'obtiendrait d'une manière tout à fait analogue.

Le passage principal consiste dans le lemme suivant qui ramène le théorème III à un théorème de nature tauberienne dans le domaine rèel, relatif à un procédé de sommabilité qui est, pour $k=2$, du type de Borel.

Lemme. — *Les hypothèses du théorème III étant satisfaites avec* $k=2$, *il en résulte que*

$$\int_0^{+\infty} A(u)\, e^{-(x-u)^2/u} \frac{du}{\sqrt{u}} \to 0 \quad \text{avec} \quad 1/x. \tag{2}$$

Car, en intégrant $e^{2ixt}J(s)$ sur la parabole $s=\varepsilon+t^2+2ti$ $(\varepsilon>0)$, on obtient

$$\int_{-\infty}^{+\infty} e^{2xti} J(\varepsilon+t^2+2ti)\,dt = \int_0^{\infty} e^{-\varepsilon u} A(u)\,du \int_{-\infty}^{+\infty} e^{-t^2u+2(x-u)ti}\,dt$$
$$= \sqrt{\pi}\int_0^{+\infty} e^{-\varepsilon u} A(u)\, e^{-(x-u)^2/u} \frac{du}{\sqrt{u}},$$

qui donne

$$\sqrt{\pi}\int_0^{+\infty} A(u)\, e^{-(x-u)^2/u} \frac{du}{\sqrt{u}} = \int_{-\infty}^{+\infty} e^{2txi} J(t^2+2ti)\,dt,$$

le passage $\varepsilon \to 0$ étant permis, puisque d'après la condition (C_2)

$$A(u) + \text{const}\sqrt{u} > 0.$$

(1) Voir E. Landau, *Nachr. Ges. der Wiss. Gœttingen*, 30, 1932, p. 525; sous la forme citée le théorème I se trouve énoncé par J. Karamata, *Publ. Math. de l'Univ. de Belgrade*, V (sous presse).

(2) J'énonce ce théorème sous cette forme pour faire ressortir l'analogie avec les théorèmes I et III. Au fond le théorème de Littlewood-Schmidt (énoncé sous la forme intégrale par O. Szasz, *Sitzungsber. Bayer. Akad. München*, 1929, p. 332) exprime que de : « $\sigma J(\sigma) \to 0$ et (C_2) résulte $A(u) \to 0$ », et le théorème II n'en est qu'un cas particulier.

Le second membre de l'égalité ainsi obtenue étant une constante de Fourier, il en résulte l'affirmation (2).

L'inversion du procédé de sommabilité (2) s'obtient à présent facilement en appliquant les méthodes connues ([1]), et l'on en déduit que $A(u) \to 0$ avec $1/u$ lorsque la condition de convergence (C_2) est supposée satisfaite.

MÉCANIQUE. — *Sur la vibration dite transversale circulaire d'un cylindre creux de quartz.* Note de M. **Ny Tsi-Zé**, présentée par M. Charles Fabry.

Nous avons ([2]) établi expérimentalement que la fréquence de vibration d'un cylindre creux de quartz le long de la circonférence de sa section droite peut être exprimée par la relation

$$f = \frac{260}{\frac{\pi}{3}(r+R)} \text{ kc/sec} \tag{1}$$

ou

$$f = \frac{277}{\frac{\pi}{6}(r+R)} \text{ kc/sec,} \tag{2}$$

selon que la valeur du rapport de son rayon intérieur r au rayon extérieur R est inférieure ou supérieure à 0,5. Les nombres 260 et 277 sont les moyennes de ceux d'une vingtaine de cylindres étudiés. Ils sont assez voisins de la constante 273 d'une lame de quartz piézoélectrique vibrant dans la direction perpendiculaire aux axes optique et électrique. Si l'on considère le cylindre creux comme constitué par trois ou six lames de quartz piézoélectrique, les vibrations du cylindre creux s'expliquent alors facilement par celles des lames. D'autre part cette vibration dite transversale circulaire d'un cylindre creux correspond en réalité à la vibration pseudo-longitudinale d'une verge courbe et ce problème a été traité par Cauchy ([3]).

Un point P de la fibre centrale circulaire de rayon a est repéré par l'angle θ du rayon OP avec un rayon fixe. La vibration du point P est

---

([1]) Voir, en particulier, la méthode générale donnée par J. Karamata, *Sur les théorèmes inverses des procédés de sommabilité* [*Actualités scientifiques et industrielles*, Paris (*sous presse*)].

([2]) Ny Tsi-Zé et Fang Sun-Hung, *Comptes rendus*, 203, 1936, p. 461.

([3]) Cauchy, 2e série des *Œuvres complètes*, p. 372 et suiv.

définie par le déplacement radial u et par le déplacement tangentiel εa. Pour la verge circulaire, l'allongement relatif est

$$\frac{\Delta L}{L} = \frac{\partial \varepsilon}{\partial \theta} + \frac{u}{a};$$

et, d'autre part, on a

$$\frac{\Delta L}{L} = \frac{T}{ES},$$

où T est la tension, E le module d'Young et S l'aire de la section droite de la verge.

Soit ρ la densité de la verge. $V = \sqrt{E/\rho}$ est la vitesse de propagation des ondes longitudinales. Ecrivons que les composantes tangentielle et normale des tensions aux bouts de l'élément $a\,d\theta$ produisent les accélérations correspondantes

$$(3) \qquad \frac{V^2}{a}\left(\frac{\partial \varepsilon}{\partial \theta} + \frac{u}{a}\right) + \frac{\partial^2 u}{\partial t^2} = 0, \qquad \frac{V^2}{a}\left(\frac{\partial^2 \varepsilon}{\partial \theta^2} + \frac{1}{a}\frac{\partial u}{\partial \theta}\right) - \frac{\partial^2 \varepsilon}{\partial t^2} = 0.$$

Substituons une solution de la forme

$$u = (u)\cos\omega t, \qquad \varepsilon = (\varepsilon)\cos\omega t,$$

où (u) et (ε) sont des fonctions de θ, et pour ne pas multiplier les notations, appelons u et ε les facteurs de $\cos\omega t$. Les équations (3) deviennent

$$V^2\left(\frac{d\varepsilon}{d\theta} + \frac{u}{a}\right) - \omega^2 a u = 0, \qquad V^2\left(\frac{d^2\varepsilon}{d\theta^2} + \frac{1}{a}\frac{du}{d\theta}\right) + \omega^2 a^2 \varepsilon = 0.$$

Tirons u de la première équation et transportons dans la seconde

$$(4) \qquad \frac{d^2\varepsilon}{d\theta^2} + \left(\frac{\omega^2 a^2}{V^2} - 1\right)\varepsilon = 0.$$

Dans l'équation (4), substituons la solution

$$\varepsilon = \varepsilon_0 \cos m\theta;$$

nous trouvons la condition

$$(5) \qquad 1 + m^2 = \frac{\omega^2 a^2}{V^2}, \qquad \omega = 2\pi f, \qquad f = \frac{V}{2\pi a}\sqrt{1+m^2}.$$

Assimilons le cylindre creux à une verge circulaire. Pour le cas particulier où $m = 0$, le cylindre tout entier se dilate et contracte radialement; c'est le cas réalisé dans l'oscillateur annulaire de quartz de Dye [1].

[1] L. Essen, *Proc. Roy. Society*, 155, 1936, p. 498.

En prenant $a = 1/2(r+R)$, et les constantes du quartz

$$E = 7,85 \times 10^{11}, \qquad \rho = 2,65,$$

nous avons

$$f = \frac{544}{\pi(r+R)}\sqrt{1+m^2}\ \text{kc/sec.}$$

Les cas particuliers de $m = 1$ et $m = 3$ donnent respectivement

$$f = \frac{770}{\pi(r+R)}\ \text{kc/sec.}$$

et

$$f = \frac{1721}{\pi(r+R)}\ \text{kc/sec,}$$

qui sont presque identiques aux formules empiriques (1) (2). Pour les cylindres ([1]) dont le rapport r/R est grand (voisin de 0,8), les fréquences observées sont en accord parfait avec les fréquences théoriques.

RÉSISTANCE DES MATÉRIAUX. — *Corrections à apporter aux théorèmes généraux utilisés en résistance des matériaux quand les déplacements ne sont pas négligeables.* Note de M. **Léon Beschkine**, présentée par M. Émile Jouguet.

Nous nous proposons de résoudre le problème : « Étant donné un système (isostatique ou hyperstatique), déterminer les relations qui lient les déplacements des divers points du système aux forces agissantes dans le cas où les déplacements sont assez grands pour interdire la confusion entre l'état initial et l'état déformé du système ». Nous nous bornons au cas où le système est en période d'élasticité proportionnelle.

Le problème envisagé se présente pour des corps ayant une ou deux dimensions faibles par rapport à la troisième. Dans ce cas, des déformations limitées au domaine élastique peuvent entraîner des déplacements considérables (problèmes de flambage). On ne peut plus alors appliquer le théorème de Castigliano; l'équation générale de l'élasticité de Bertrand de Fontviolant peut être étendue à ce cas, moyennant certaines modifications que nous précisons ici.

([1]) Ny Tsi-Zé, Tsien Ling-Chao and Fang Sun-Hung, *Proc. of the Institute of Radio Eng.*, 24, 1936, p. 1484; Ny Tsi-Zé and Fang Sun-Hung, *Chinese Jour. of Physics*, 2, 1936, p. 145.

Soient e_1, e_2, ... les déformations; n_1, n_2, ... les fatigues locales (ou bien les efforts réduits au centre de gravité d'une section droite). Le potentiel interne est de la forme

$$\pi = \frac{1}{2}\int_V (\Sigma e_1 n_1)\, d\omega = \frac{1}{2}\int_V (\Sigma a n_1^2 + \Sigma\Sigma b n_1 n_2)\, d\omega.$$

Soient u, v, w, ... les déplacements et X, Y, Z, ... les forces appliquées. Soient $\mathfrak{X}$, $\mathfrak{Y}$, $\mathfrak{Z}$, ... les forces fictives dirigées suivant u, v, w, ... et entraînant des fatigues $\mathfrak{N}_1$, $\mathfrak{N}_2$, ... dans le corps ramené à l'état isostatique. On a (équation générale de l'élasticité)

$$\Sigma \mathfrak{X} u = \int_V (\Sigma e_1 \mathfrak{N}_1)\, d\omega$$

quand on néglige les déformations.

Quand on tient compte des déformations, on peut raisonner ainsi :

Appliquons des forces X', Y', Z', ... inférieures à X, Y, Z, ... et écrivons que le système rendu isostatique (les liaisons surabondantes sont remplacées par des forces du type X', Y', Z', ...) est en équilibre (théorème des déplacements virtuels) :

$$\Sigma X'\, \delta u' = \delta\pi' = \int_V (\Sigma\, \delta e'_1\, n'_1)\, d\omega.$$

Différentions en changeant les X' (correspondant aux déplacements que l'on étudie) en $X' + x$ sans changer $\delta u'$, il vient

$$\Sigma \mathfrak{X}\, \delta u' = \int_V \Sigma (n'_1\, d\,\delta e'_1 + dn'_1\, \delta e'_1)\, d\omega,$$

$$d\,\delta e'_1 = \sum \frac{\partial^2 e_1}{\partial u^2}\, \frac{du'}{dx'}\, \delta u'\, x.$$

Posant $dn'_1 = \mathfrak{N}'_1$ et substituant, il vient, en prenant les déplacements $\delta u'$ tangents aux déplacements réels et intégrant entre o et u,

$$\Sigma \mathfrak{X} u \left[1 - \int_V \sum \left(\frac{\partial^2 e_1}{\partial u^2}\, \frac{du'}{dx'}\, n'_1 \right)_m d\omega \right] = \int_V [\Sigma e_1 (\mathfrak{N}'_1)_m]\, d\omega.$$

L'indice m indique les valeurs moyennes d'intégration.

Au troisième ordre près $(\mathfrak{N}'_1)_m = (\mathfrak{N}_1)_{\frac{1}{2}}$, c'est-à-dire la valeur de $\mathfrak{N}_1$ pour des déformations moitiés (ou des déplacements moitiés).

De même, le premier terme, au troisième ordre, donne dans le crochet

$$\eta = 1 - \frac{1}{2}\int_V \sum \frac{\partial^2 e_1}{\partial u^2} \frac{du}{dx} n_1 \, d\omega,$$

d'où

$$\Sigma \mathfrak{X} u \eta = \int_V \left[\Sigma e_1 (\mathfrak{N}_1)_{\frac{1}{2}} \right] d\omega.$$

Pour trouver les liaisons surabondantes d'un système hyperstatique, on a donc

$$0 = \int_V \left[\Sigma e_1 (\mathfrak{N}_1)_{\frac{1}{2}} \right] d\omega;$$

les forces auxiliaires $\mathfrak{X}$ étant placées dans la direction des liaisons surabondantes.

Pour calculer les déplacements on écrit

$$u = \frac{u_0}{\eta},$$

$$u_0 = \int_V \left[\Sigma e_1 \left(\frac{\mathfrak{N}_1}{\mathfrak{X}} \right)_{\frac{1}{2}} \right] d\omega.$$

Dans le cas où l'on ne peut pas confondre η avec 1, on le calcule à partir de la valeur de u_0, d'où l'on déduit u.

Il s'ensuit donc que l'équation générale de l'élasticité est valable, à condition de prendre les valeurs $\mathfrak{N}_1$, non pour le système initial ou le système réellement déformé, mais pour le système ayant subi des déplacements moitiés des déplacements réels.

ASTRONOMIE PHYSIQUE. — *Sur le rayonnement cosmique et les étoiles de la série principale.* Note [1] de M. **Émile Sevin**, présentée par M. Ernest Esclangon.

La plus grande partie de l'énergie qui intervient dans le rayonnement cosmique primaire est transportée par la composante molle de ce rayonnement, et M. R. A. Millikan a montré expérimentalement que son gradient était de 26000000 de volts; les étoiles qui se trouvent à la base de la série principale ont pour type Krueger 60 A, et Sir A. Eddington a

---

(1) Séance du 11 janvier 1937.

calculé que la température centrale de cette étoile était de 32200000°. Or il existe une relation remarquable entre ces deux grandeurs : divisons en effet la première par le rapport de la masse du proton à celle de l'électron, puis évaluons le quotient V, ainsi obtenu en volts, successivement en fréquence ν et en degrés T; en désignant par e la charge électrique élémentaire, h la constante de Planck, c la vitesse de la lumière et en utilisant des formules connues, il vient

$$V = \frac{26000000}{1849,5} = 14100, \qquad \nu = \frac{Ve}{300h} = \frac{14100 \times 4,77.10^{-10}}{300 \times 6,55.10^{-27}} = 3,42.10^{18},$$

$$T = 0,2885\,\frac{\nu}{c} = 0,2885\,\frac{3,42.10^{18}}{3.10^{10}} = 32900000^{\circ}.$$

Ce résultat montre que, sauf effet du hasard, le rayonnement cosmique primaire et le rayonnement diffusé à l'intérieur des étoiles en cause découlent respectivement du proton et de l'électron, et cela par des processus identiques. Mais, à l'intérieur des étoiles de la série principale, la matière est très fortement ionisée, la plupart des particules qui interviennent dans l'agitation thermique sont des électrons libres et l'on conçoit ainsi que la concordance numérique, que nous venons d'obtenir, ne doit pas résulter d'un cas fortuit, mais bien plutôt de ce que ce sont ces électrons mêmes qui, grâce à leur spin, diffusent l'énergie libérée.

Nous allons maintenant étudier le spectre de diffusion dû au spin et établir qu'il comporte une composante fondamentale, d'un gradient bien déterminé W_0, modulée par des harmoniques également bien déterminées, de sorte que, en désignant par p certains nombres entiers, ce spectre peut être représenté par une seule équation de Schrödinger :

$$\Delta\psi + \frac{4\pi^2}{h^2c^2}(pW_0)^2\psi = 0.$$

Un électron de masse m_0 est caractérisé par une période propre de vibration et de pivotement τ_0, qui n'est autre que la période qui correspond à la longueur d'onde de Compton, $\tau_0 = h/m_0c^2$, et une rotation dont la durée mesure la période totale du spin et vaut trois fois la précédente, $3\tau_0 = 3h/m_0c^2$ (¹). Soit

$$\lambda = 3nc\tau_0 = \frac{3nh}{m_0 c}$$

(¹) *Comptes rendus*, **194**, 1932, p. 2124.

l'expression générale des longueurs d'onde des diverses composantes du spectre. Deux solutions apparaissent immédiatement; on les obtient en remplaçant n par 2/3 puis par 3/2, et elles répondent physiquement aux résonances suivantes : pour la première, trois périodes de la composante valent deux périodes totales du spin et inversement, pour la seconde, deux périodes de la composante valent trois périodes totales du spin. Les gradients de ces deux composantes particulères sont :

$$\frac{h}{2\tau_0} = \frac{1}{2} m_0 c^2 \qquad \text{et} \qquad \frac{2h}{9\tau_0} = \frac{2}{9} m_0 c^2.$$

La première présente la fréquence la plus grande; elle comporte naturellement la modulation de ses octaves aiguës et par conséquent, en désignant par x un nombre entier pouvant varier de o à l'infini, on peut poser :

$$\Delta\psi + \frac{4\pi^2}{h^2 c^2}\left(2^x \frac{1}{2} m_0 c^2\right)^2 \psi = 0.$$

Mais cette équation est incomplète et n'est certainement pas l'équation cherchée puisqu'elle laisse de côté la seconde composante; la fréquence de celle-ci vaut les 4/9 de celle de la première, elle introduit donc une dissonance de neuvième majeure et, dans ces conditions, pour déterminer le gradient W_0 de la composante fondamentale modulée, on est conduit à écrire

$$W_0 = \frac{2}{9} \frac{1}{2^y} m_0 c^2$$

et à adopter pour y la plus petite valeur entière qui place toutes les composantes qui interviennent dans les harmoniques paires de la composante fondamentale. Cette condition est réalisée pour $y = 3$, W_0 vaut ainsi $m_0 c^2/36$, l'équation cherchée est

$$\Delta\psi + \frac{4\pi^2}{h^2 c^2}\left(p \frac{1}{36} m_0 c^2\right)^2 \psi = 0,$$

et ses solutions correspondent aux valeurs suivantes de p :

1, 2, 4, 8, 18, 36, 72, 144, 288, ...,

Estimons enfin en degrés le gradient de la composante fondamentale :

$$T = 0,2885 \frac{\nu}{c} = 0,2885 \frac{m_0 c}{36 h} = 0,2885 \frac{8,99 \times 10^{-28} \times 3 \times 10^{10}}{36 \times 6,55 \times 10^{-27}} = 33\,000\,000^\circ.$$

Le processus entre en jeu dès que la température centrale vient à dépasser cette grandeur : c'est ainsi que les étoiles entrent dans la série principale; elles sont alors très actives et, influencée par les harmoniques,

cette température peut s'accroître quelque peu (en fait de 1/3 environ); puis leur activité diminue, et l'on retrouve la température limite de 33000000° à la base de la série.

Pour ce qui est du rayonnement cosmique primaire, nous avons déjà été conduit à l'attribuer à une diffusion due aux protons libres de l'espace interstellaire ou de la matière prestellaire des nébuleuses ([1]). Le gradient calculé de sa composante fondamentale est 1849,5 fois plus grand que le précédent et atteint 26100000 volts, ses autres composantes connues coïncident avec les harmoniques analogues à celles que nous avons définies plus haut, et l'on voit que son spectre n'est pas limité du côté des grandes fréquences.

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *Sur l'énergie latente des solutions solides.* Note de M. **Jean Cichocki**, présentée par M. Louis de Broglie.

En mesurant la résistance électrique des solutions solides des métaux Zn-As, Cd-Sb, Hg-Bi dans le Cu, Ag et Au, J. O. Linde ([2]) a trouvé que cette résistance $\Delta\rho$ due à l'effet d'alliage pour le même pourcentage du métal dissous peut se mettre sous la forme

$$(1) \qquad \Delta\rho = a + bz^2,$$

a, b étant des constantes dépendant du métal solvant et z étant la différence des valences des atomes du métal en solution et du métal solvant.

N. F. Mott ([3]) explique la relation (1) théoriquement de la façon suivante : l'atome en solution ayant une charge positive par rapport aux ions du métal solvant, il agit comme un centre diffuseur et l'intensité des ondes électroniques diffusées sera proportionnelle à z^2 d'après la loi de Rutherford. Il applique la méthode de Thomas et Fermi et il obtient pour le potentiel électrostatique $\Phi(r)$ à une distance r du centre de l'atome en solution :

$$(2) \qquad \Phi(r) = \frac{ze}{r} e^{-qr},$$

e est ici positive et q est une constante qui dépend de la densité des électrons libres dans le métal solvant, elle détermine l'effet écran.

---

(1) *Comptes rendus*, 195, 1932, p. 698.
(2) *Annal. d. Phys.*, 15, 1932, p. 219.
(3) *Proc. Camb. Phil. Soc.*, 32, 1936, p. 281.

Nous pouvons interpréter d'une autre manière l'équation (2) et supposer que l'atome en solution occupe le volume d'un polyèdre tel que son influence électrique en dehors de ce volume atomique V est négligeable. Le volume de ce polyèdre de Wigner et Seitz (¹) peut être remplacé dans les calculs par une sphère de même volume.

Ceci admis, le potentiel électrostatique, en dehors du volume V, peut encore satisfaire à l'équation (2), si nous supposons que les atomes entourant l'atome en solution sont comprimés et qu'on obtient une densité de la charge positive dépendant de (2), à condition que la charge négative des électrons libres soit uniforme dans tout le métal, exception faite des volumes atomiques V.

On peut calculer ainsi le volume V de l'atome dissous. En partant de l'équation de Poisson avec Φ donné par (2), on calcule la densité de la charge positive à une distance r du centre de l'atome dissous. Le volume et la densité de la charge étant liés par une relation simple, on calcule la diminution de volume atomique d'un atome du métal solvant à cette distance.

Le volume V d'un atome en solution est alors égal au volume disponible à l'endroit où il se trouve dans le réseau, augmenté de la somme de toutes les diminutions des volumes atomiques des atomes du métal solvant qui l'entourent.

Le volume V ainsi calculé est plus petit que le volume qu'occupe le même atome dans son propre métal. L'atome en solution est donc comprimé. Nous avons comparé son énergie latente dans la solution solide au travail de compression, et nous avons trouvé, dans le cas de Al en solution dans le cuivre, que son énergie latente et sa température supplémentaire correspondant à cette énergie est de 0,24 eV et de 900° environ, s'il occupe la position de substitution dans le réseau du cuivre; elle est de 0,44 eV et de 1700° environ, s'il occupe la position d'interstice.

En supposant alors que les atomes Al dissous occupent dans le réseau les positions de substitution, on calcule aisément l'abaissement du point de fusion de la solution solide, il est de 9° par un atome pour 100 Al. Pour des faibles concentrations d'aluminium dans le cuivre, ce résultat s'accorde avec la courbe du solidus dans le diagramme thermique du système Al-Cu (²). Une publication plus détaillée paraîtra prochainement.

(¹) E. Wigner et F. Seitz, *Phys. Rev.*, 43, 1933, p. 804 et 46, 1934, p. 509.

(²) Landolt-Boernstein, 1, 1923, p. 534, Berlin.

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *Production d'ondes électromagnétiques au moyen de neutrinos.* Note de M. **Jules Géhéniau**, présentée par M. Louis de Broglie.

Le problème de la production d'ondes électromagnétiques au moyen d'ondes de Dirac a été étudié notamment par MM. L. de Broglie (¹) et R. de L. Kronig (²). En discutant de ce problème avec M. Th. De Donder j'ai été amené à écrire la présente Note.

1. *Notations.* — Considérons deux ondes planes

$$(1)\qquad \varphi = a e^{i(\omega t - k_1 x - k_2 y - k_3 z)}, \qquad \Phi = A e^{i(\Omega t - K_1 x - K_2 y - K_3 z)}$$

et satisfaisant aux équations de Dirac (relatives à un corpuscule sans masse ni charge ou neutrino),

$$(2)\qquad [d_4 - c(d_1\alpha_1 + d_2\alpha_2 + d_3\alpha_3)]\,\Phi = 0 \qquad \left(d_1 = \frac{\partial}{\partial x}, \ldots, d_4 = \frac{\partial}{\partial t}\right).$$

On aura donc

$$\Sigma k_i^2 - \frac{\omega^2}{c^2} = 0, \qquad \Sigma K_i^2 - \frac{\Omega^2}{c^2} = 0.$$

Désignons par $\psi = \varphi + \Phi$ l'onde de Dirac constituée par la superposition des deux ondes (1). On sait (²) que

$$(3)\qquad M^{12} = \lambda\psi^* i\alpha_1\alpha_2\alpha_4\psi, \qquad \ldots, \qquad M^{14} = \lambda\psi^* i\alpha_1\alpha_4\psi$$

sont les six composantes d'un tenseur antisymétrique de rang deux dans l'espace-temps de Minkowski ($ds^2 = -dx^2 - dy^2 - dz^2 + c^2 dt^2$); d'autre part, λ est une constante réelle. On aura, par exemple,

$$(4)\qquad M^{12} = \lambda\varphi^* i\alpha_1\alpha_2\alpha_4\varphi + \lambda\Phi^* i\alpha_1\alpha_2\alpha_4\Phi + \lambda\varphi^* i\alpha_1\alpha_2\alpha_4\Phi + \lambda\Phi^* i\alpha_1\alpha_2\alpha_4\varphi.$$

Les deux premiers termes de (4) sont constants; en outre, la somme des deux derniers sont les composantes (12) d'un tenseur antisymétrique réel que nous désignerons par $H^{\alpha\beta}$. On aura, par exemple,

$$(5)\qquad H^{23} = \lambda a^* i\alpha_2\alpha_3\alpha_4 A\, e^{i[(\Omega-\omega)t - (K_1-k_1)x - \ldots]} + \text{conjuguée}.$$

(¹) *Une nouvelle conception de la lumière* (*Actualités scientifiques et industrielles*, Paris, 1934, fasc. XIII).

(²) *Physica*, 3, 1936, p. 1120. Voir aussi B. Kwal, *Comptes rendus*, 199, 1934, p. 23, et 202, 1936, p. 1913.

2. Théorème. — *Pour que les équations de Maxwell (dans le vide) soient satisfaites par le tenseur* $H^{\alpha\beta}$, il faut et il suffit *que les ondes* φ *et* Φ *aient même direction et même sens.*

Démonstration. — On a, en vertu de (2),

$$(6)\quad \begin{cases} d_2 H^{12} + d_3 H^{13} + d_4 H^{14} = -(K_1 + k_1)\lambda(\varphi^\star \alpha_4 \Phi + \Phi^\star \alpha_4 \varphi), & \ldots, \\ d_1 H^{41} + d_2 H^{42} + d_3 H^{43} = -(\Omega + \omega)\dfrac{\lambda(\varphi^\star \alpha_4 \Phi + \Phi^\star \alpha_4 \varphi)}{c^2}; \end{cases}$$

$$(7)\quad \begin{cases} d_2 H_{34} + d_3 H_{42} + d_4 H_{23} = -c(K_1 + k_1)\lambda(\varphi^\star \alpha_1 \alpha_2 \alpha_3 \alpha_4 \Phi + \text{conj}), & \ldots, \\ d_1 H_{32} + d_2 H_{13} + d_3 H_{21} = -(\Omega + \omega)\lambda(\varphi^\star \alpha_1 \alpha_2 \alpha_3 \alpha_4 \Phi + \text{conj}). \end{cases}$$

a. La condition est suffisante. — En effet, si l'on a

$$(8)\quad n_1 = \frac{k_1 c}{\omega} = \frac{K_1 c}{\Omega} \quad \text{ou} \quad \frac{(K_1 - k_1)c}{(\Omega - \omega)}, \quad \ldots,$$

alors, en vertu des équations de Dirac, on aura

$$(9)\quad \begin{cases} a = -(n_1 \alpha_1 + n_2 \alpha_2 + n_3 \alpha_3) a, \\ A = -(n_1 \alpha_1 + n_2 \alpha_2 + n_3 \alpha_3) A, \end{cases}$$

d'où (¹), en utilisant la notation de produit scalaire,

$$(10)\quad \begin{cases} a^\star \alpha_4 A = -a^\star (n\alpha) \alpha_4 A, & a^\star \alpha_1 \alpha_2 \alpha_3 \alpha_4 A = -a^\star (n\alpha) \alpha_1 \alpha_2 \alpha_3 \alpha_4 A, \\ a^\star \alpha_4 A = a^\star (n\alpha) \alpha_4 A, & a^\star \alpha_1 \alpha_2 \alpha_3 \alpha_4 A = + a^\star (n\alpha) \alpha_1 \alpha_2 \alpha_3 \alpha_4 A; \end{cases}$$

on aura donc

$$(11)\quad a^\star \alpha_4 A = 0, \quad a^\star \alpha_1 \alpha_2 \alpha_3 \alpha_4 A = 0.$$

b. La condition est nécessaire. — Soient

$$(12)\quad n_1 = \frac{k_1 c}{\omega}, \quad \ldots, \quad N_1 = \frac{K_1 c}{\Omega},$$

les composantes des vecteurs unitaires perpendiculaires aux deux ondes de Dirac considérées et dirigées dans leur sens de propagation. On aura, en vertu de (2),

$$(13)\quad a = -(n\alpha) a; \quad A = -(N\alpha) A.$$

On verra aisément que si $n_1 \neq N_1$, ..., les équations de Maxwell (dans le vide) ne seront satisfaites que par un champ constant en x, y, z et t.

En résumé, un champ maxwellien (dans le vide) ne sera produit que

(¹) Cf. R. de L. Kronig, *loc. cit.*

par des ondes planes de Dirac se propageant dans la même direction et le même sens; et alors un tel champ existera toujours.

3. *Interprétation.* — On pourrait interpréter ce résultat en disant que l'énergie dégagée pendant l'association de deux neutrinos ayant des ω différents a la forme d'une onde électromagnétique maxwellienne.

OSMOSE. — *Sur un nouveau mode de préparation des membranes semiperméables.* Note de MM. **Albert Grumbach** et **Pierre Vidal**, présentée par M. Aimé Cotton.

On sait que la préparation des membranes semiperméables au ferrocyanure de cuivre est très délicate : le nettoyage des vases poreux est pénible, on ne réussit pas toujours à fixer le manomètre et, surtout, les membranes obtenues sont fragiles et sensibles aux variations de température. Ces divers inconvénients sont supprimés par la méthode nouvelle décrite brièvement ici.

Comme support de la membrane, nous utilisons une plaque filtrante en verre de Schott. L'entonnoir 11-G-3 qui porte une plaque soudée de 41^{mm} de diamètre et 3^{mm} d'épaisseur a donné les résultats les plus satisfaisants. Ce filtre est facile à nettoyer à l'acide chlorhydrique et à l'eau distillée, mais il n'est pas possible d'y fixer directement la membrane semiperméable à cause du grand diamètre des pores (20 à 30^{μ}), aussi avons-nous introduit dans le filtre de la silice gélatineuse qui constitue un support dénué de semiperméabilité. Après nettoyage de la plaque, on la recouvre d'une solution à 10 pour 100 de silicate de sodium qu'on aspire à la trompe et, avant dessiccation, on y projette de l'acide sulfurique à 25° Baumé en quantité juste nécessaire pour mouiller toute la surface; l'élévation de température provoque une dilatation momentanée des pores qui, après refroidissement, enserrent solidement la silice. Il faut éviter l'acide trop concentré qui produit des ruptures superficielles du verre. Lorsque l'acide a disparu, on alterne les solutions en maintenant la succion; l'opération est terminée quand, après rinçage, l'eau distillée s'écoule à la vitesse de 1 à 2 gouttes par seconde. Si la perméabilité est insuffisante, on entraîne l'excès de silice par une lessive étendue de soude.

Il faut maintenant former la membrane de ferrocyanure de cuivre dans la silice; l'expérience nous a fait adopter les titres indiqués par Tammann: 0,33 mol/g par litre de $FeCy^6K^4$ et 1 mol/g par litre de SO^4Cu; ce qui

correspond à 140^g de ferrocyanure hydraté et 240^g de sulfate hydraté, chacun pour 1000^g d'eau. Ces concentrations n'ont pas besoin d'être réalisées avec précision. La plaque poreuse munie de son support de silice est imprégnée d'eau distillée et l'on épuise soigneusement l'air par le vide répété. Ensuite, par une succion initiale faible puis lentement croissante, on aspire quelques centimètres cubes de la solution de ferrocyanure de potassium, en évitant les rentrées d'air; on opère de même avec la solution de sulfate de cuivre et l'on alterne les liquides en augmentant la succion à mesure que la perméabilité aux membranogènes diminue; quand celle-ci est devenue très faible, on laisse séjourner l'un et l'autre alternativement sur l'entonnoir pendant quelques heures, tout en maintenant le vide; ces précautions ont pour but d'éliminer les bulles d'air. On termine sur la solution de ferrocyanure à laquelle le septum est plus perméable et on lave à l'eau distillée. L'entonnoir ainsi préparé est placé entre les membranogènes, comme Pfeffer l'a indiqué, la solution de ferrocyanure à l'intérieur; on laisse l'appareil au repos dans cet état pendant 48 heures. Après ce temps, la membrane présente sur sa face externe une couleur brun foncée; sur la face interne la couleur est plus claire. En observant la plaque par la tranche, on voit que le ferrocyanure de cuivre a été précipité dans toute l'épaisseur de la cloison; c'est là une garantie de solidité de la membrane.

L'existence constatée parfois d'amas de ferrocyanure de cuivre sur une des faces fait soupçonner une fissure; un lavage suivi d'un nouveau séjour entre membranogènes suffit ordinairement à la faire disparaître. On vérifie ensuite, par la méthode de Pfeffer, la semiperméabilité de la membrane en introduisant dans l'entonnoir une solution à 3 pour 100 de ferrocyanure de potassium et de 1,5 pour 100 de nitrate de potassium. L'étude de la solidité est facilitée par la transparence de l'appareil; nous signalerons qu'une membrane a pu être employée pendant deux mois, temps au bout duquel sa perméabilité était devenue trop faible. Des variations de température de 10° ne produisent aucune déchirure : c'est là un progrès important.

Le manomètre s'adapte évidemment sans difficulté à l'entonnoir; nous avons essayé ces appareils avec des solutions de saccharose, en mesurant la pression osmotique par compensation. Comme en cryoscopie, la formule de Raoult fournit, pour les solutions étendues, des résultats meilleurs que celle de van' t Hoff. La simplicité de fabrication de ces membranes permettra sans doute d'étendre les mesures à un grand nombre de solutions diverses. Il faut d'ailleurs se méfier de la solubilité du ferrocyanure

de cuivre en présence de traces de sels minéraux : grâce à la transparence de l'entonnoir, un brunissement de certaines solutions de sucre cristallisé a été observé, phénomène inexistant dans les solutions de saccharose pur.

ÉLECTRICITÉ. — *Sur la charge électrique limite des très fines particules.* Note de MM. **Marcel Pauthenier** et **Charles Martin**, présentée par M. Aimé Cotton.

Les lois de la charge limite des particules sphériques en champ électrique ionisé ([1]) ont été vérifiées expérimentalement dans le domaine des diamètres compris entre 20^{μ} et 360^{μ}, puis entre 1^{mm} et 7^{mm} ([2]).

D'autre part la théorie que nous avons donnée n'est valable que jusqu'aux diamètres 1 ou 2^{μ} parce qu'au-dessous de cette limite l'agitation thermique des ions n'est plus négligeable; il en résulte que la charge d'une particule n'a plus de limite définie. Il était donc intéressant d'étudier le domaine des diamètres inférieurs à 20^{μ} pour achever le contrôle expérimental de notre théorie.

A cet effet de fines particules sphériques vitrifiées sont extraites d'un champ ionisé et entraînées horizontalement dans le champ électrique vertical d'un condensateur plan. On s'arrange pour que le courant d'air utilisé pour l'entraînement ait une vitesse bien uniforme et connue dans toute son étendue. L'armature supérieure du condensateur, destinée à recevoir les particules, est constituée par une lame de verre recouverte de gélatine humide.

Connaissant le rayon et la masse spécifique de la particule, la cote du point de départ, et le champ électrique auxiliaire dans le condensateur plan, un calcul élémentaire donne l'abscisse du point d'impact de la particule dans la gélatine; ou bien, inversement, la *portée* de la trajectoire rectiligne de la particule permet de déterminer sa charge.

Naturellement, les légers remous inévitables du courant d'air d'entraînement provoquent sur des particules aussi fines un léger brassage dont on élimine l'effet par des mesures statistiques faites à loisir au microscope sur la plaque de gélatine qui a servi de cible.

([1]) M. Pauthenier et Mme Moreau-Hanot, *Journ. de Phys.*, 3, 1932, p. 590-613 et 6, 1935, p. 257-262.

([2]) M. Pauthenier et R. Guillien, *Comptes rendus*, 195, 1932, p. 115.

La théorie est encore vérifiée entre les diamètres 2^{μ} et 20^{μ} avec toute la précision que comporte le dispositif expérimental. Des recherches effectuées à la même époque par des méthodes toutes différentes ([1]) viennent de conduire leurs auteurs aux mêmes conclusions.

ÉLECTRONIQUE. — *Étude dans le grand électroaimant de Bellevue de traversées d'écrans par des particules du rayonnement cosmique.* Note de MM. **Jean Crussard** et **Louis Leprince-Ringuet**, présentée par M. Maurice de Broglie.

Nous avons relaté ([2]) des expériences faites avec une grande chambre de Wilson sur les particules pénétrantes du rayonnement cosmique; à la suite de ces expériences et avec le même appareil, nous avons étudié, en plaçant dans la chambre deux écrans de plomb de 5^{mm} d'épaisseur chacun (figures), les pertes d'énergie de particules cosmiques à la traversée de ces écrans.

L'étude de la précision, faite comme précédemment au moyen de photographies de trajectoires prises en l'absence de champ magnétique, nous a montré que le domaine dans lequel les pertes d'énergie peuvent être étudiées ne dépasse pas 1 milliard d'électron-volts.

Les résultats figurent au tableau. On peut en tirer les indications suivantes :

1° *La moyenne des pertes observées entre* 300 *millions et* 1 *milliard d'*eV *est plus faible pour les électrons positifs que pour les électrons négatifs* : la moyenne de $\Delta W/W$ (correspondant à la traversée de 1^{cm} de plomb) est un peu inférieure à 1/2 pour les électrons négatifs, et à la moitié de cette valeur pour les positifs; cette différence de comportement entre particules positives et négatives est assez marquée pour qu'on puisse dire qu'elle correspond à un effet certain, malgré le petit nombre des mesures.

2° Les pertes observées sont plus faibles que celles mesurées par Anderson et Neddermeyer ([3]). Cela pourrait provenir soit du fait que les domaines d'énergie ne sont pas identiques dans les deux cas, soit d'une dif-

([1]) Fuchs, Petrjanoff, Rotzeig, *Trans. of the Far. Soc.*, 32, 1936, p. 1131.
([2]) L. Leprince-Ringuet et J. Crussard, *Comptes rendus*, 204, 1937, p. 112.
([3]) *Physical Review*, 50, 1936, p. 263.

férence de nature de certaines particules ; Anderson et Neddermeyer ont expérimenté à grande altitude et sur des électrons de gerbes principalement, alors que nos mesures sont pour la plupart faites sur des rayons isolés et à peu près verticaux.

PRINCIPALES MESURES DE PERTES D'ÉNERGIE.

Particules négatives.

Énergie incidente W (millions d'eV.).	Perte (*) d'énergie ΔW (millions d'eV.).	Perte relative ΔW/W.	Valeurs extrêmes admissibles de ΔW/W.
117	114	1	0,7-1,2
220	210	0,95	0,7-1,15
330	faible	$\varepsilon (< 0,1)$	0 -0,3
500	180	0,35	0,1-0,7
630	260	0,4	0 -1
770	120	0,15	0 -0,65
770	400	0,5	0 -0,9
800	faible	ε	0 -0,5
830	90	0,1	0 -0,5
920	340	0,35	0 -0,6
1000	300	0,3	0 -1
1100	440	0,4	0 -1,1
1200	860	0,7	0,1-1,1
Moy. de ΔW/W.		0,40	

Particules positives.

Énergie incidente W (millions d'eV.).	Perte (*) d'énergie ΔW (millions d'eV.).	Perte relative ΔW/W.	Valeurs extrêmes admissibles de ΔW/W.
280	faible	$\varepsilon (< 0,1)$	0 -0,35
400	faible	ε	0 -0,3
400	90	0,2	0 -0,6
450	faible	ε	0 -0,4
450	faible	ε	0 -0,3
460	faible	ε	0 -0,4
520	140	0,25	0 -0,7
530	150	0,25	0 -0,3
580	200	0,35	0,1-0,6
700	80	0,1	0 -0,75
700	80	0,1	0 -0,35
730	faible	ε	0 -0,6
1000	faible	ε	0 -0,7
1050	140	0,15	0 -0,65
Moy. de ΔW/W.		0,10	

(*) Perte d'énergie correspondant à 1^{cm} de plomb.

Nos résultats peuvent être rapprochés de ceux que nous avons publiés sur les particules pénétrantes du rayonnement cosmique (*loc. cit.*) : nous avons observé en effet, parmi les rayons de 1 à 3 milliards d'eV, une notable proportion de particules capables de traverser 14^{cm} de plomb, pour lesquelles par conséquent ΔW/W (correspondant à 1^{cm} de plomb) est certainement très faible.

Observation de phénomènes divers. — Mentionnons entre autres les suivants :

1° Nous avons observé une dizaine de cas de production de paires d'électrons; les énergies des branches vont de quelques millions à 100 mil-

lions d'eV environ. Sur deux clichés, *l'électron le plus rapide de la paire traverse un écran avec une perte d'énergie notable*, indiquant avec certitude son sens de description, et montrant ainsi que le phénomène est bien la création d'une paire d'électrons positif et négatif (*fig.* 1).

2° Nous avons observé un cas de désintégration (*fig.* 2), dans lequel

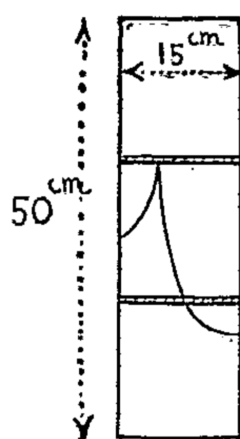


Fig. 1.

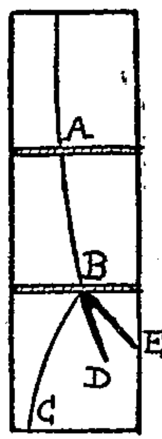


Fig. 2.

deux particules lourdes sont émises. L'énergie de la particule incidente (positive) est 1 200 millions d'eV; celle de la branche positive BC est 50 millions d'eV. Les particules lourdes ne sont pas courbées de façon sensible. Il ne peut s'agir de la création d'une paire de protons (positif et négatif), étant donné la valeur trop faible de l'énergie de la particule incidente.

ÉLECTROCHIMIE. — *Sur quelques piles à électrodes dissemblables.* Note de Mlle **Suzanne Veil**, présentée par M. Georges Urbain.

Si les piles à deux liquides et électrodes de platine, construites antérieurement sur gélatine [1], sont susceptibles de fournir des forces électromotrices de début nettement plus élevées que celles des piles usuelles, on réalise des forces électromotrices d'un ordre égal et même supérieur à l'aide d'autres dispositifs simples, comportant une confrontation d'électrodes dissemblables en milieu homogène ou hétérogène.

Milieu de confrontation homogène. — Les confrontations de métaux dissemblables dans la gélatine ont été montrées [2] conduire à une classification électrochimique dans laquelle l'ordre du volt se trouve déjà atteint

(1) *Comptes rendus*, 203, 1936, p. 1060.
(2) *Comptes rendus*, 201, 1935, p. 551.

dans le cas du couple Zn — Pt. Les diverses valeurs de la séquence subsistent sensiblement lorsqu'on remplace la gélatine par l'eau distillée des laboratoires, encore assez conductrice pour servir de milieu de confrontation.

Dans l'eau comme dans la gélatine, on remarque que l'ordre de grandeur fourni par le couple Zn — Pt est dépassé par un choix approprié d'électrodes ayant subi des corrosions préalables.

Les corrosions, en effet, imposent aux métaux une altération apparente de leurs propriétés électrostatiques, ainsi que l'ont décrit, parmi d'autres observateurs, Nikrassow, Stern et Gulanskaïa [1]. Présentement, elles ont été trouvées contrôlables par la confrontation des métaux concernés, dans l'eau ou dans la gélatine, à une électrode connue. Du fait de corrosions préalables, les métaux manifestent des déplacements apparents plus ou moins prononcés, d'un sens ou de l'autre, dans la séquence électrochimique ci-dessus mentionnée.

Par exemple, une corrosion dont l'effet s'exerce dans le sens Zn → Pt est la corrosion anodique que subit le plomb en milieu sulfurique dilué, celle précisément qui intervient dans la formation des accumulateurs et enrobe le métal d'une gaine adhérente et compacte de peroxyde PbO^2. Si, après lavage, l'électrode peroxydée est opposée dans l'eau distillée à une électrode de plomb intact, la chaîne Pb int. — eau — Pb enr. PbO^2 (dont le plomb intact constitue le pôle négatif), laisse récupérer une force électromotrice de début de l'ordre de 1,4 volts, résultat qui correspond au rejet du plomb peroxydé au delà du platine dans la séquence électrochimique. Au cours du temps, la force électromotrice de la pile s'abaisse, vraisemblablement par réduction du peroxyde. L'abaissement est de beaucoup plus rapide dans le cas de la gélatine que dans le cas de l'eau.

Comme corrosion dont l'effet s'exerce, au contraire, dans le sens Pt → Zn, on citera l'amalgamation spontanée subie par le zinc par séjour dans le mercure. La corrosion est telle que la pile Zn amalg. — eau — Zn int. (dont le zinc intact constitue le pôle positif) accuse une force électromotrice de l'ordre de 0,2 volt.

Les observations, on en fera la remarque accessoire, mettent bien en évidence l'importance éventuelle d'impuretés aux électrodes des chaînes.

Si maintenant on recourt à l'opposition dans l'eau de zinc amalgamé et de plomb enrobé de peroxyde PbO^2, la pile Zn amalg. — eau — Pb enr. PbO^2

---

(1) *Zeits. f. Elektroch.*, 41, 1935, p. 2.

(dont le zinc amalgamé constitue le pôle négatif) fournit une force électromotrice de début de l'ordre de 1,9 volt.

Milieu de confrontation hétérogène. — Ce dernier chiffre est dépassé par la pile à milieu de confrontation hétérogène, construite en tenant compte des considérations de potentiel électrométrique, à savoir la pile à deux liquides Zn — Na^2S sat. — gélatine — $(NO^3)^3Fe$ sat. — Pt. Cette pile, qui, à l'interface Zn-Na^2S sat., n'engage qu'une action locale immédiate à présumer peu importante, sans d'ailleurs aucune corrosion préalable d'électrodes, fournit une force électromotrice de début de l'ordre de 2,05 volts.

Il est donc possible, au moyen de piles comportant une intervention incontestablement prépondérante d'effets Volta proprement dits, d'atteindre l'ordre même des forces électromotrices des accumulateurs au plomb de la pratique.

SPECTROSCOPIE. — *Spectres du baryum et du strontium.* Note de M[lle] **Marguerite Perey**, transmise par M. Jean Perrin.

Nous avons étudié le spectre d'étincelle du strontium et du baryum dans l'ultraviolet. Dans cette région nous avons trouvé 15 raies nouvelles pour le strontium et 13 pour le baryum.

Raies nouvelles du strontium.

Sr Hilger.	Sr commerce.	Ba + Sr.	Sr purifié.	Moyenne λ.	I.
$2404,1_4$	$2404,1_5$	$2404,1_9$	$2404,1_2$	$2404,1_5$	4
$2453,9_5$	$2454,0_5$	(^{a})	$2453,9_6$	$2453,9_9$	1
$2486,5_4$	$2486,6_1$	$2486,5_0$	$2486,5_0$	$2486,5_4$	5
$2503,6_3$	$2503,7_0$	$2503,6_5$	$2503,6_5$	$2503,6_6$	1
$2622,6_1$	$2622,7_3$	$2622,5_8$	$2622,6_4$	$2622,6_4$	3
$2642,8_6$	$2642,9_2$	$2642,9_0$	$2642,9_4$	$2642,9_1$	2
$2648,5_5$	$2648,5_0$	$2648,5_3$	$2648,5_7$	$2648,5_4$	1
$2722,4_9$	$2722,5_6$	$2722,5_0$	$2722,4_3$	$2722,5_0$	4
$2786,0_0$	$2786,0_2$	$2785,9_8$	$2785,9_4$	$2785,9_9$	8
$2821,4_3$	$2821,4_8$	$2821,4_8$	$2821,4_7$	$2821,4_7$	4
$3012,4_7$	$3012,3_8$	$3012,4_0$	$3012,4_3$	$3012,4_2$	10
$3021,8_1$	$3021,7_8$	$3021,8_3$	$3021,9_0$	$3021,8_3$	5
$3061,5_0$	$3061,5_2$	$3061,4_5$	$3061,5_6$	$3061,5_1$	4
$3235,4_2$	$3235,3_8$	(^{b})	$3235,4_6$	$3235,4_2$	7
$3430,7_8$	$3430,7_9$	$3430,8_3$	$3430,7_3$	$3430,7_8$	5

Nota. — (^{a}), non mesurable; (^{b}), non séparable Ba.

Raies nouvelles du baryum.

Ba Hilger.	Ba commerce.	Ba + Sr.	Ba purifié.	Moyenne λ.	I.
$2546,9_6$	$2546,9^4$	$2546,9_3$	$2546,9_6$	$\mathbf{2546,9_5}$	1
$2567,0_5$	$2567,0_6$	$2567,0_0$	$2567,0_5$	$\mathbf{2567,0_4}$	2
$2709,0_8$	$2709,0_6$	$2709,0_6$	$2709,0_9$	$\mathbf{2709,0_7}$	1
$2762,2_8$	$2762,3_5$	$2762,4_0$	$2762,3_6$	$\mathbf{2762,3_5}$	3
$2764,9_3$	$2765,0_1$	$2764,9_6$	$2765,0_1$	$\mathbf{2764,9_8}$	4
$2816,0_6$	$2816,1_6$	$2815,9_9$	$2816,0_7$	$\mathbf{2816,0_7}$	6
$2831,5_8$	$2831,7_0$	$2831,6_8$	$2831,7_0$	$\mathbf{2831,6_7}$	5
$2923,9_0$	$2923,8_2$	$2923,8_1$	$2923,8_0$	$\mathbf{2923,8_3}$	2
$2972,2_6$	$2972,2_6$	$2972,1_4$	$2972,2_0$	$\mathbf{2972,2_2}$	1
$3126,4_5$	$3126,5_5$	$3126,5_0$	$3126,4_4$	$\mathbf{3126,4_8}$	5
$3212,8_0$	$3212,8_0$	$3212,7_6$	$3212,7_6$	$\mathbf{3212,7_8}$	6
$3776,0_1$	$3776,0_7$	$3776,0_9$	$3775,8_6$	$\mathbf{3776,0_1}$	6
$3779,3_6$	$3779,3_5$	$3779,3_5$	$3779,3_1$	$\mathbf{3779,3_4}$	6

Les solutions employées sont des chlorures à une concentration de 5 pour 100 provenant d'origines différentes : mélange Ba+Sr. Produits du commerce, produits purifiés par nous ou baryum et strontium Hilger.

Les mesures ont été faites au moyen d'un comparateur d'après le spectre de référence du fer, et les longueurs d'onde calculées d'après la formule d'Hartmann

$$\lambda = \lambda_0 + \frac{C}{S+S_0},$$

$$S_1 + S_0 = \frac{(\lambda_2 - \lambda_3)(S_2 - S_1)(S_3 - S_1)}{[(\lambda_1 - \lambda_2)(S_3 - S_2)] - [(\lambda_2 - \lambda_3)(S_2 - S_1)]},$$

$$C = \frac{(\lambda_1 - \lambda_2)(S_1 + S_0)(S_2 + S_0)}{S_2 - S_1},$$

$$\lambda_1 - \lambda_0 = \frac{C}{S_1 + S_0}.$$

L'étincelle éclatait entre une électrode et une mèche de platine trempant dans la solution contenue dans une coupelle de platine.

L'étincelle était obtenue au moyen d'un générateur d'étincelles à haute fréquence.

a. Les spectres obtenus avec cette installation présentaient toutes les raies Ba II, Ba III, Sr II indiquées dans le travail de Kimura-Nakamura Japan (1) et par différents auteurs (2), plus les raies nouvelles.

---

(1) *J. Phys.*, 3, 1924, p. 197.

(2) M. A. Fitzgerald et B. A. Sawyer (*Physical Review*, 46, 1934, p. 580) attribuent au Ba IV les trois raies 2546,62, 2566,83, 2815,86 et signalent d'autres raies différentes des nôtres.

Des essais ont été faits avec des installations électriques différentes :

b. L'étincelle éclatait entre les électrodes de Pt, de courant ayant traversé un rhéostat, un transformateur et un condensateur.

Les raies Ba II, Ba III, Sr II, ont les mêmes intensités que précédemment, les raies nouvelles sont indiquées.

c. Nous avons repris le dispositif utilisé par Demarçay.

Toutes les raies Ba II, Sr II, sont indiquées, mais aucune raie Ba III ni raie nouvelle n'existe avec cette excitation.

d. Dans le spectre d'arc de ces produits aucune raie Ba III ou raie nouvelle Ba, Sr, ne se trouve (arc entre électrodes de charbon, l'inférieure contenant Co^3Ba, Co^3Sr).

Afin de déterminer la forme du courant utilisé, M. Gondet a fait des enregistrements au moyen d'un oscillographe cathodique, qui ont donné les résultats suivants :

a. Utilisation du générateur d'étincelles de haute fréquence. — Étincelle oscillante ayant une fréquence d'un million par seconde on observe environ 5 oscillations par étincelle et 500 étincelles par seconde.

b. Utilisation du transformateur et condensateur. — Étincelle oscillante ayant une fréquence de trois millions par seconde, l'amortissement est du même ordre que dans le premier cas. Le phénomène est très voisin de celui donné par le générateur d'étincelles.

Ceci est en accord avec nos résultats spectrographiques.

c. Utilisation de l'appareil Demarçay. — Self et résistance propre très grandes.

Il n'y a pas d'excitation de haute fréquence. La courbe d'intensité monte brusquement et revient au zéro sans oscillation visible.

D'après ces essais il semblerait que ces raies nouvelles sont attribuables à une ionisation supérieure du baryum et du strontium.

SPECTROSCOPIE. — *Le spectre d'absorption des amines dans le très proche infrarouge* (6000 *à* 95000 Å). Note (¹) de M. **Pierre Barchewitz**, présentée par M. Aimé Cotton.

Cette étude a éte faite au moyen d'un spectrographe enregistreur à cellule photoélectrique précédemment décrit (²) permettant l'étude d'une

(¹) Séance du 18 janvier 1937.

(²) P. Barchewitz et A. Naherniac, *Comptes rendus*, 203, 1936, p. 715.

région spectrale s'étendant de 6000 à 9500 Å. Nous obtenons sur nos enregistrements les troisième et quatrième harmoniques de la bande fondamentale (NH) située vers 3^{μ}.

I. Spectre des amines a l'état pur. — *a. Amines primaires acycliques.* — Ces composés renferment le groupement (NH^2) auquel doit correspondre deux fréquences fondamentales de valence (voisines de 3310 et 3370 cm^{-1} dans l'effet Raman). Nous observons dans notre région deux bandes dont les longueurs d'onde sont voisines de 8000 Å. La bande située vers les petites longueurs d'onde est faible, l'autre est au contraire très intense; ces bandes se déplacent régulièrement vers les courtes longueurs d'onde quand on monte dans la série homologue; ce déplacement est d'autant plus faible que la chaîne carbonée est plus longue (ces résultats sont comparables à ceux obtenus pour la bande (OH) des alcools [1]).

b. Amines secondaires acycliques. — Au groupement (NH), caractéristique des amines secondaires, doit correspondre une seule vibration de valence. Nous observons cependant deux bandes (NH), la bande située vers les grandes longueurs d'onde est la plus intense, l'autre bande doit être considérée comme une bande de combinaison [2].

La fréquence ν'_n de cette bande est donnée par

$$\nu'_n = \nu_n + \nu_1,$$

[ν_n étant la fréquence de l'harmonique (NH) d'ordre n et ν_1 une fréquence voisine de 2800 cm^{-1}].

$\nu'_2 = 6500 + 2800 = 9300$ cm^{-1} env. (Freymann).
$\nu'_3 = 9525 + 2800 = 12325$ cm^{-1} env. (Auteur).

La bande (NH) se déplace régulièrement vers les courtes longueurs d'onde quand la longueur de la chaîne carbonée de la molécule augmente. Signalons que la bande (NH) de la diméthylamine fait exception et est nettement déplacée vers les courtes longueurs d'onde.

---

(1) P. Barchewitz, *Comptes rendus*, 203, 1936, p. 1244.
(2) R. Freymann, *J. Phys.*, 7, 1936, p. 476.

a. Amines primaires acycliques.

Nom.		Troisième harmonique.		Quatrième harmonique.
Ethylamine	λ..........	8 062	7 791	6 620
	ν..........	12 404	12 835	15 106
Propylamine *n*	λ..........	8 050	7 779	6 615
	ν..........	12 422	12 836	15 117
Butylamine *n*	λ..........	8 036	7 770	6 606
	ν..........	12 444	12 870	15 138
Amylamine *n*	λ..........	8 036	7 762	6 606
	ν..........	12 444	12 883	15 138
Benzylamine *n*	λ..........	8 065	7 796	6 630
	ν..........	12 398	12 829	15 083

b. Amines secondaires acycliques.

Nom.		Troisième harmonique.	Bande de combinaison.	Quatrième harmonique.
Diméthylamine	λ..........	8 109	8 010	6 714
	ν..........	12 332	12 484	14 895
Diéthylamine	λ..........	8 164	8 085	6 738
	ν..........	12 248	12 368	14 841
Dipropylamine *n*	λ..........	8 154	8 087	6 725
	ν..........	12 263	12 365	14 869
Dibutylamine *n*	λ..........	8 150	8 094	6 710
	ν..........	12 269	12 354	14 894
Dibutylamine iso	λ..........	8 125	?	?
	ν..........	12 307	?	?

c. Amines primaires et secondaires cycliques. — Les doubles liaisons du noyau benzénique produisent un déplacement des bandes (NH) vers les courtes longueurs d'onde (de 130 Å environ) quand le radical amine est fixé directement sur le noyau benzénique (les positions des bandes de la benzylamine sont sensiblement les mêmes que celles des amines primaires acycliques). De plus, les groupements substitués sur le noyau produisent des déplacements qui dépendent de la position de la substitution.

d. Amines hétérocycliques. — Nous avons étudié le pyrrol et la pipéridine. Le pyrrol n'a qu'une seule bande (NH) dans notre région, d'ailleurs très large à 7796 Å, nous ne pouvons donc pas confirmer l'existence de deux formes moléculaires [1]. La pipéridine au contraire présente quatre bandes à 8051, 8096, 8172 et 8344 Å.

[1] R. Freymann, *loc. cit.*

En solution dans CCl^4, le spectre d'absorption se modifie, la bande à 8051 Å augmente d'intensité, tandis que les bandes à 8172 et 8344 Å disparaissent; ces deux dernières bandes pourraient être considérées comme des bandes de combinaison. Les deux bandes à 8051 Å et 8096 Å étant les troisièmes harmoniques de la bande double à 3µ (3307 et 3339 cm^{-1} dans l'effet Raman). L'hypothèse de deux formes de molécule en équilibre (*loc. cit.*) serait donc acceptable.

II. Spectre des amines a l'état dissous. — Nous avons étudié quelques amines en solution dans CCl^4 et dans H^2O, les bandes (NH) sont déplacées vers les petites longueurs d'onde. Le déplacement est plus petit en employant l'eau comme solvant. Signalons de plus qu'en solution dans l'eau, la bande caractéristique de ce solvant apparaît nettement même pour des pourcentages en eau très faibles, nous avons obtenu un résultat contraire pour NH^3 où la bande de l'eau n'apparaissait pas pour des solutions à 50 pour 100.

SPECTROSCOPIE. — *Sur l'ultraviolet lointain émis par les décharges électriques dans l'air sous pression réduite.* Note (1) de M. **Georges Déchene**, présentée par M. Aimé Cotton.

J'ai étudié (2) les coefficients d'absorption par l'air et par le celluloïd des radiations ionisantes émises par les décharges électriques non condensées dans l'air à la pression normale; les valeurs obtenues m'ont conduit à situer ces *rayons de décharge* au début de l'ultraviolet de Lyman (1000 à 1200 Å).

Une émission dans ce domaine est d'ailleurs fort vraisemblable. Les spectres d'arc de l'oxygène (3) et de l'azote (4) contiennent en effet des raies dans cette région. De plus, entre 1300 et 1000 Å environ, l'oxygène présente une zone de transparence relative (5), contenant toutefois des bandes d'absorption (6); comme l'azote est également peu absorbant, les

(1) Séance du 18 janvier 1937.
(2) *Comptes rendus*, 200, 1935, p. 1577; *Journal de Physique*, 7, 1936, p. 533.
(3) Frerichs, *Physical Review*, 36, 1930, p. 398.
(4) Ekefors, *Zeits. f. Phys.*, 63, 1930, p. 437.
(5) Ladenburg et Worrhis, *Physical Review*, 40, 1932, p. 1018.
(6) Price et Collins, *Phys. Review*, 48, 1935, p. 714.

radiations situées en dehors des bandes d'absorption peuvent avoir un parcours appréciable dans l'air atmosphérique.

J. J. Thomson ([1]) et Dauvillier ([2]) ont montré l'émission de radiations dans les régions de Schumann et de Lyman par les décharges dans les gaz à basse pression, mais les méthodes utilisées (absorption par divers écrans, effet photoélectrique de ces rayons) ne leur ont pas permis d'indiquer avec précision les longueurs d'onde. Il m'a paru intéressant d'étudier ces radiations avec un spectrographe.

J'ai utilisé le spectrographe à réseau plan sous incidence tangentielle qui m'avait permis l'étude du rayonnement des cellules semi-conductrices ([3]). Aprés divers essais, j'ai adopté les conditions suivantes : la cathode est un fil métallique F dont l'extrémité se trouve à 5^{mm} environ d'une grille métallique G servant d'anode. La pression de l'air est de quelques dixièmes de millimètre de mercure. La tension (environ 650 volts) est fournie par de petits accumulateurs; le circuit comprend une résistance liquide (colonne d'eau), la d. d. p. entre l'anode et la cathode, peu stable, varie entre 400 et 600 volts environ; l'intensité du courant est comprise entre 0,2 et 1 milliampère; quand la décharge est établie, le fil F est entouré d'une gaine lumineuse. Le rayonnement, avant de tomber sur le réseau plan, traverse la grille G et deux fentes f_1 et f_2 assez larges (1^{mm}); pour accroître la luminosité, il a fallu donner à l'angle du réseau avec le rayon moyen du faisceau incident une valeur relativement grande (3°); dans ces conditions, les raies obtenues sont larges (0^{mm},8) et les longueurs d'onde ne peuvent être déterminées qu'à quelques angströms près. La distance du fil F à la plaque a été 42^{cm} dans la plupart des expériences. J'ai utilisé des plaques sensibles huilées; de longues poses (2 jours) ont été nécessaires.

Pour éviter le voile de la plaque on a dû interposer un écran arrêtant la lumière diffusée par les bords de la fente f_2.

J'ai obtenu, dans les régions de Lyman et de Schumann, 9 raies dont 7 correspondent, à la précision des mesures, à des raies intenses des spectres d'arc de l'oxygène (1152 Å) et de l'azote (1228 Å, faible; 1412 Å; 1494 Å; 1677 Å, très faible; 1835 Å; 1887 Å). On obtient également de nombreuses raies dans l'ultraviolet ordinaire. Aucune raie n'a été obtenue au dessous

([1]) J. J. THOMSON, *Phil. Mag.*, 2, 1926, p. 674.
([2]) DAUVILLIER, *Journal de Physique*, 7, 1926, p, 369.
([3]) *Annales de Physique*, 2, 1934, p. 241; *Journal de Physique*, 5, 1934, p. 553.

de 1000 Å, car l'absorption devient si élevée dans cette région qu'un vide très poussé serait nécessaire (Price et Collins, *loc. cit.*).

Ce procédé de production de l'ultraviolet de Schumann et du début de l'ultraviolet de Lyman est particulièrement simple; l'émission est peu intense, mais la substitution au réseau plan d'un réseau concave permettra de diminuer le temps de pose et d'obtenir une détermination précise des longueurs d'onde.

RAYONNEMENT. — *Sur le spectre continu du potassium dans la flamme.* Note de M. T. **Nicholas Panay**, présentée par M. Charles Fabry.

Le potassium dans la flamme donne un rayonnement de spectre continu dans le visible et l'ultraviolet. Il n'est pas aisé d'obtenir une émission intense de ce spectre par les moyens habituels avec lesquels on obtient, par exemple, les raies du sodium et du lithium. Un bon moyen pour obtenir un rayonnement intense du potassium est d'introduire dans la flamme un courant d'air contenant du chlorure de potassium finement divisé. J'ai employé le procédé de Gouy [1]. Une solution de chlorure de potassium passe dans un pulvérisateur à air comprimé. Les grosses gouttes sortant du pulvérisateur retombent dans la solution; seul le brouillard fin formé par le pulvérisateur est introduit dans l'air comprimé qui alimente un bec Mecker. J'ai pu perfectionner le dispositif de façon à employer une solution saturée avec pulvérisateur fin donnant une pulvérisation abondante. J'ai obtenu ceci en faisant passer l'air comprimé, avant d'entrer dans le pulvérisateur, par un tube métallique en spirale chauffé électriquement à une température appropriée (pas trop élevée pour ne pas produire de l'évaporation). De cette manière est évité le refroidissement de la solution à la sortie du pulvérisateur et par suite l'obstruction de celui-ci par dépôt de chlorure. J'ai pu ainsi obtenir un spectre assez intense, observable visuellement sans difficulté, et pouvant être photographié par poses de quelques minutes (4 minutes avec un spectrographe diaphragmé à 1/25 et sans trop ouvrir la fente). L'avantage de l'emploi de solution saturée n'est pas seulement l'accroissement de l'intensité mais en plus l'obtention d'une constance très satisfaisante de l'intensité.

---

(1) Gouy, *Ann. de Chimie et de Physique*, 5e série, 18, 1879, p. 23.

J'ai mesuré les intensités énergétiques relatives du spectre continu de flamme de potassium dans le visible en employant pour la comparaison comme source de rayonnement de distribution énergétique connue un corps noir en tube de carbone que j'ai constitué ([1]). La méthode consiste à encadrer chaque radiation mesurée entre radiations du corps noir, plus intenses et moins intenses, à la même longueur d'onde, toutes les poses étant de même durée. Au lieu des moyens habituels de gradation, j'ai employé des rayonnements intégraux (de corps noir) à différentes températures appropriées pour encadrer les radiations mesurées. Cependant, pour la région de longueurs d'onde plus grandes que $0^{\mu},51$, j'ai employé la gradation par diaphragmes rectangulaires ([2]) avec température invariable de rayonnement intégral, car l'intensité devant être faible pour les mesures dans cette région, il ne serait pas aisé de mesurer la température (par pyromètre à filament disparaissant), si, au lieu de diaphragmer le spectrographe, je diminuais encore la température. Les spectres comparés dans chaque série de mesures sont photographiés sur la même plaque.

Les résultats obtenus sont les suivants :

Longueurs d'onde en microns.	Intensités énergétiques relatives.	Longueurs d'onde en microns.	Intensités énergétiques relatives.	Longueurs d'onde en microns.	Intensités énergétiques relatives.
0,411	331	0,443	(389)	0,500	(201)
0,413	344	0,450	(388)	0,509	194
0,416	349	0,460	(381)	0,520	190
0,418	359	0,467	363	0,521	(190)
0,421	365	0,471	344	0,530	(192)
0,423	374	0,475	311	0,539	198
0,426	379	0,479	272	0,546	208
0,429	385	0,484	247	0,553	226
0,432	386	0,488	221	0,560	243

La courbe tracée avec ces nombres a l'aspect d'une sinusoïde. Les nombres entre parenthèses sont obtenus par interpolation. Le minimum a lieu à $0^{\mu},521$; le maximum à $0^{\mu},443$ ([3]) (ce point et les deux suivants qui

([1]) T. N. Panay, *Comptes rendus*, 195, 1932, p. 1256, et *Journal de Physique*, 5, 1934, p. 171.

([2]) Voir Fabry et Buisson, *Journal de Physique*, 3, 1913, p. 196.

([3]) Un rayonnement intégral présentant son maximum d'intensité à cette longueur d'onde doit être émis par un corps noir à la température de 6500° K. (La température de la flamme est de l'ordre de 2100° K.) Des rayonnements stellaires donnant des

sont interpolés ont été vérifiés par des mesures supplémentaires, moins précises, mais donnant l'allure de la courbe et la place du maximum).

Le spectre continu de flamme du potassium se prolonge dans l'ultraviolet, très probablement en diminuant continuellement d'intensité. Dans le visible, à part le spectre continu, les doublets du potassium 4044, 4047, et 7665, 7699 Å sont très fortement accusés. Il s'y trouve aussi, mais faibles, les raies du potassium 5323, — 40, — 60 et 6939, et probablement aussi deux raies très faibles vers 4637 et 4947 Å. Le doublet 5890-96 dû à à la présence de sodium était émis.

Une bande semble être vers $0^{\mu},565$ et une autre entre 0,618 et 0,646, les bords de celle-ci s'étendant peut-être jusqu'à environ $0^{\mu},605$ et $0^{\mu},673$. Ces bandes présentent des intensités relativement fortes, probablement du même ordre que l'intensité dans le maximum du spectre continu.

SPECTROSCOPIE. — *La durée moyenne de vie de l'atome de zinc à l'état* 2^3P_1 *et la méthode de l'absorption totale.* Note de M. **Paul Soleillet**, transmise par M. Pierre Weiss.

J'ai montré (1) comment, de l'observation de la dépolarisation de la radiation de résonance ($1^1S_0 — 2^3P_1$) 3076 Å sous l'influence du champ magnétique, on pouvait déduire pour la durée moyenne de vie de l'atome de zinc à l'état 2^3P_1 la valeur approchée 10^{-5} seconde.

L'impossibilité de réaliser avec cette radiation la fluorescence d'un jet d'atomes de zinc (2), et par suite d'observer un étalement de la région émettrice par rapport à la région éclairée dans le jet, n'a pu ni confirmer, ni infirmer cette indication.

M. W. Billeter (3), utilisant la méthode de l'absorption totale, a fourni pour cette durée moyenne de vie la valeur plus précise $2,64\ 10^{-5}$.

La méthode consiste en la mesure de l'intensité d'un faisceau de radiations 3076 Å, émises par une lampe de résonance à une certaine température, après la traversée d'une cellule contenant de la vapeur saturante de zinc à cette température et soumise à un champ magnétique que l'on peut

---

spectres continus présentant des maxima d'intensité à des longueurs d'onde avancées dans le sens des courtes longueurs d'onde peuvent être dus à des causes différentes d'une incandescence de matière à température très élevée donnant du rayonnement intégral ou approximativement intégral.

(1) P. Soleillet, *Comptes rendus*, **187**, 1928, p. 723.

(2) P. Soleillet, *Comptes rendus*, **195**, 1932, p. 372.

(3) W. Billeter, *Helvetica Physica Acta*, 7, 1934, p. 413, 505, 524.

faire varier. Cette mesure délicate a été menée à bien par M. W. Billeter avec un soin digne d'éloges. L'interprétation des courbes expérimentales me semble au contraire se prêter à quelques critiques, modifiant sensiblement les conclusions à en tirer.

1° Si l'on suppose avec l'auteur, que la distribution de l'intensité de la raie incidente aussi bien que la courbe d'absorption dans un champ nul sont à un facteur près données par $2^{-\left(\frac{\lambda-\lambda_0}{\Delta\lambda}\right)^2}$ ($\Delta\lambda$ étant la demi-largeur pour l'intensité moitié de l'intensité maxima), on peut calculer le coefficient maximum k_0 d'absorption à partir de la réduction J/J_0 de l'intensité du faisceau et de la longueur l de la cellule sans connaître la valeur de $\Delta\lambda$. Mais la formule qui permet de calculer le nombre f d'électrons de dispersion pour cette raie par atome est

$$f = \frac{m}{e^2\sqrt{\pi\, ln\, 2}}\,\frac{1}{N}\,\frac{c^2}{\lambda^2}\,k_0\,\Delta\lambda$$

(N nombre d'atomes par unité de volume dans la cellule) et cette formule est valable même dans le cas où l'élargissement n'est pas dû seulement à l'effet Doppler, à condition que $\Delta\lambda$ représente la demi-largeur effective et non celle calculée pour l'effet Doppler $\Delta\lambda_D$, comme l'a fait l'auteur. La valeur donnée pour f est donc à multiplier par $\Delta\lambda/\Delta\lambda_D$ et celle pour $\tau = \tau_0/f$, où τ_0 est la durée moyenne de vie classique pour un oscillateur de cette fréquence, est donc à multiplier par $\Delta\lambda_D/\Delta\lambda$.

2° L'auteur a, d'autre part, cru pouvoir déduire de l'étude de la réduction du faisceau en fonction du champ magnétique, pour la température $T = 635°$, la valeur $\Delta\lambda/\Delta\lambda_D = 1,39$. Ce nombre résulte de l'emploi d'une formule tirée d'un mémoire de Schein (¹) donnant J/J_0 en fonction de $\Delta\lambda_0$ déplacement de chacune des deux composantes de la raie d'absorption par le champ (l'effet ne diffère ici de l'effet normal que par la valeur de $g = 3/2$). Or suivant mes calculs la formule correcte est (²)

$$\frac{J}{J_0} = \sum_n \frac{(-k_0 l)^n}{n!}\,\frac{1}{\sqrt{1+n}}\,\frac{1}{2^n}\sum_{p=0}^{n} C_n^p\, e^{-\frac{1}{1+n}\{n+4p(n-p)\}\, ln 2\left(\frac{\Delta\lambda_0}{\Delta\lambda}\right)^2}.$$

(¹) M. Schein, *Annalen der Physik*, 85, 1928, p. 257.

(²) Dans le cas où la largeur de la raie incidente $2\Delta\lambda$ ne serait pas égale à celle $2\Delta\lambda'$ de la courbe d'absorption, la formule serait

$$\frac{J}{J_0} = \sum_n \frac{(-k_0 l)^n}{n!}\,\frac{1}{\sqrt{1+n\left(\frac{\Delta\lambda}{\Delta\lambda'}\right)^2}}\,\frac{1}{2^n}\sum_{p=0}^{n} C_n^p\, e^{\left[-ln\, 2\left(\frac{\Delta\lambda_0}{\Delta\lambda}\right)^2 \frac{1}{n+\left(\frac{\Delta\lambda'}{\Delta\lambda}\right)^2}\left\{n+4\left(\frac{\Delta\lambda}{\Delta\lambda'}\right)^2 p(n-p)\right\}\right]}.$$

où C_n^p sont les coefficients de la formule du binome. Elle diffère de la formule de Schein

$$\frac{J}{J_0}=\sum_n \frac{(-k_0 l)^n}{n!}\frac{1}{\sqrt{1+n}}\, e^{-\frac{n}{1+n} \ln 2\left(\frac{\Delta\lambda_0}{\Delta\lambda}\right)^2}$$

à partir du terme du second degré en l.

En utilisant la nouvelle formule, les résultats expérimentaux se trouvent pouvoir être représentés beaucoup mieux qu'en utilisant l'ancienne et fournissent, pour la température $T = 635°$ la valeur $\Delta\lambda/\Delta\lambda_D = 1,26$.

D'après les résultats expérimentaux de W. Billeter, je donnerai pour τ la valeur $(2,64/1,26).10^{-5} = 2,10.10^{-5}$.

Enfin W. Billeter a expliqué le fait que la largeur de la raie est supérieure à celle prévue par effet Doppler, par l'hypothèse d'un déplacement isotropique relatif aux isotropes les plus fréquents, 64, 66, 68. En supposant comme lui un déplacement égal entre 64 et 66 et entre 66 et 68, on trouve maintenant pour ce déplacement commun $\delta\lambda = 2,7 m A_0$.

RAYONS X. — *Émissions faibles dans le spectre* L *du rhénium* (75). Note (¹) de Mlle **Yvette Cauchois**, présentée par M. Jean Perrin.

Au cours d'une récente étude du spectre L du rhénium [2] j'avais fait quelques poses longues pour rechercher les émissions faibles de cet élément. J'ai publié la mesure des satellites de α_1 dans un travail d'ensemble sur les émissions $L\alpha$ hors diagramme des éléments lourds [3]. On trouvera ci-dessous les longueurs d'onde et les fréquences d'autres raies faibles observables sur mes clichés; les raies fortes ont servi de références.

Dans le Tableau I les fréquences observées pour les émissions de quadrupôles sont comparées aux fréquences calculées d'après les niveaux correspondants (*loc. cit.*). Les niveaux $N_{VI}N_{VII}$ et $O_{II}O_{III}$ sont très proches pour le rhénium; on peut distinguer les émissions respectives en remarquant que celles relatives à L_{II} et L_{III} et $N_{VI,\,VII}$ doivent être les plus intenses comme c'est le cas pour les autres atomes lourds. Des fréquences de $L_{II}N_{VI}$ et $L_{III}N_{VI,\,VII}$ on déduit pour $N_{VI,\,VII}$ la valeur moyenne : $2,8\,\nu/R$.

A la fin du Tableau on trouve deux raies qui ne sont pas dues à des émissions de dipôles ni de quadrupôles normales mais dont les fréquences

(¹) Séance du 4 janvier 1937.
(²) Y. Cauchois, *Comptes rendus*, 203, 1936, p. 169.
(³) Y. Cauchois, *Comptes rendus*, 202, 1936, p. 2068.

sont comparables à celles de certains passages doublement interdits. De telles émissions ont été déjà observées dans les spectres K puis dans les spectres L.

TABLEAU I.

Émission.	λ en u. x.	ν/R observée.	ν/R calculée.
L_I N_{IV}	1009,8	902,4	902,4
N_V	1008,7	903,4	903,4
$O_{IV,V}$	987,9	922,4	922,3
L_{II} M_{III} (β_{17})	1290,0	706,4	706,5
M_V	1228,0	742,1	742,1
N_{III}	1074,5	848,1	848,1
N_{VI}	1038,2	877,7	»
O_{III}	1037,5	878,3	878,3
$L_{III}N_{III}$	1225,8	743,4	743,2
$N_{VI,VII}$ (β'_7)	1178,9	773,0	
L_I N_I	1039,8	876,4	876,5
L_I O_I	994,4	916,4	916,5

Le Tableau I rapporte les observations relatives à des raies qui ne trouvent pas place dans le schéma des niveaux. Leurs fréquences montrent leur analogie avec certaines émissions d'éléments voisins que l'on considère comme des satellites de β_2, γ_1 et γ_2 (Tableau II).

TABLEAU II.

Nomenclature.		λ u. x.	ν/R.	Δν/R.	Intensité.
Satellites de β_2...	β'_2	1198,18	760,54	3,77	très forte
» ...	β''_2	1195,5	762,2	5,5	forte
» ...	β'''_2	1190,9	765,2	8,4	faible
» ...	β^{IV}_2	1186,2	768,2	11,4	faible
» ...	β^{V}_2	1164,2	782,7	26,0	très faible
» ...	β^{VII}_2	1158,5	786,6	29,8	faible
Satellites de γ_1...	γ'_1	1053,4	865,1	4,4	forte
Satellites de γ_2...	γ'_2	1027,6	886,8	2,3	forte
» ..	γ''_2	1019,5	893,8	9,3	assez forte

Quelques auteurs ont signalé la présence de raies faibles au voisinage de β_5 vers les courtes ondes pour Au, Pt, U et Ra. H. Hulubei [1] a montré que celle qu'il observe pour le radium ainsi que celle mesurable pour l'uranium pourraient s'interpréter à l'aide du passage $L_{III}P_I$. Il est alors intéressant d'étudier les spectres d'autres atomes afin de distinguer

(1) H. HULUBEI, *Comptes rendus*, 203, 1936, p. 665.

entre les émissions de diagramme et les satellites de β_5. Sur mes clichés j'observe trois raies; mais je ne puis les attribuer sans réserves au rhénium car elles sont très proches de $AsK\alpha_1$, $PbL\alpha_1$ et $TaL\gamma_5$ respectivement.

Parmi les autres émissions à attendre certaines ne sont pas séparables de raies plus fortes; il en est ainsi de $L_I M_I$ et $L_{II} M_{III}$; $L_I N_{VI,VII}$ et γ_4, γ'_4; $L_{II} O_{II}$ et $L_I N_{VI}$; $L_{II} O_V$ et γ_6; $L_{III} N_{II}$ et β_1; $L_{III} O_{II,III}$ et β'_7; β_2^{VI} et β_9.

Beuthe (1) avait signalé pour le rhénium quatre raies de longueurs d'onde 1290; 1178,7; 1008,5 et 1197,9 u. x.; il s'agissait, on le voit, de $L_{II} M_{III}$, $L_{III} N_{VI,VII}$, $L_I N_V$ et β'_2.

Toutes les autres émissions rapportées ici ont été observées dans le spectre du rhénium pour la première fois, à ma connaissance, au cours de ce travail.

PHYSIQUE NUCLÉAIRE. — *Sur la distribution angulaire des rayons corpusculaires cosmiques durs*. Note de MM. **Pierre Auger**, **Paul Ehrenfest** Jr, **André Freon** et **André Fournier**, transmise par M. Jean Perrin.

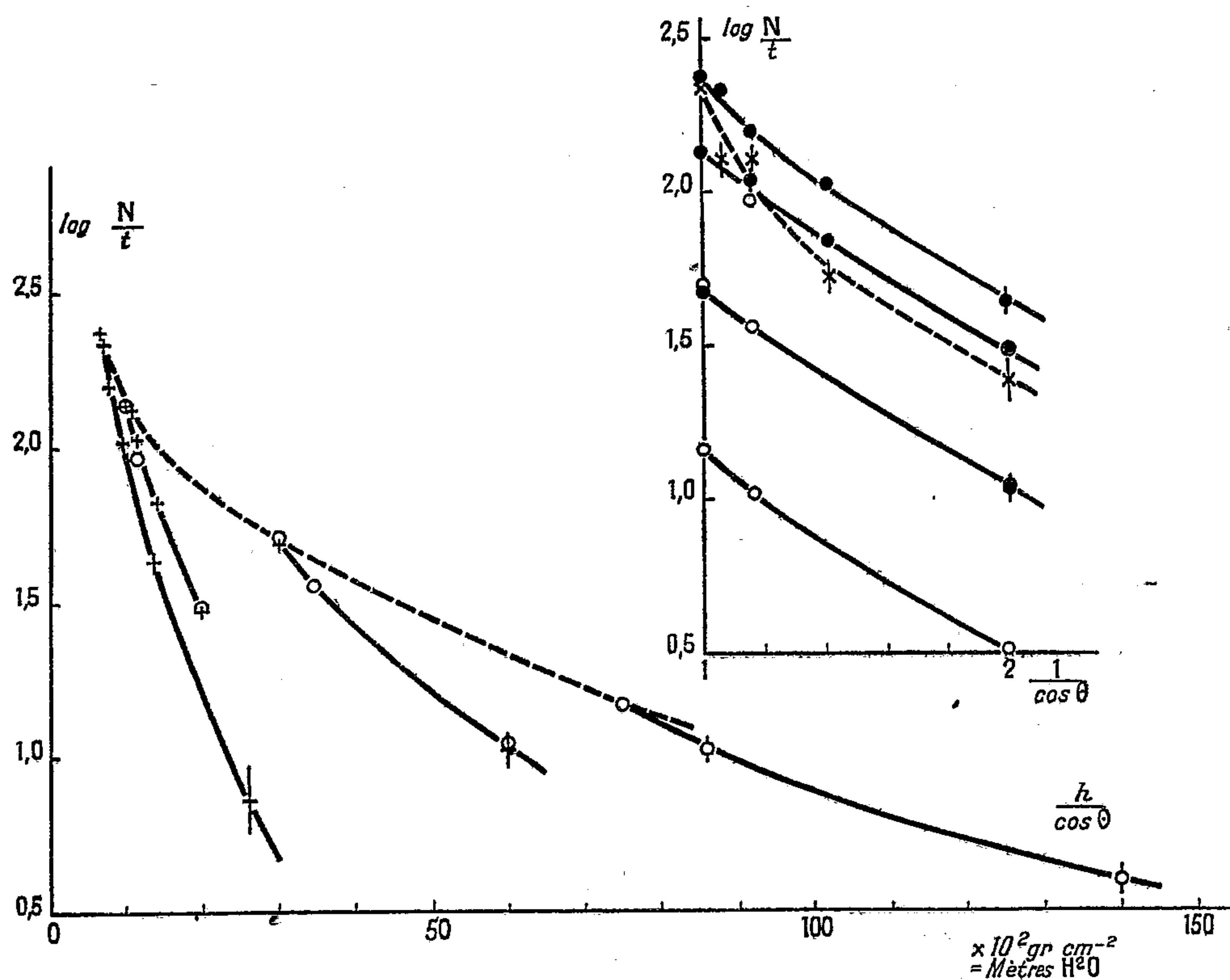
I. Les directions de propagation des corpuscules du rayonnement cosmique présentent aux latitudes moyennes une répartition à peu près symétrique autour d'un maximum zénital (2). Nous avons étudié dans le présent travail la variation de l'intensité de ce rayonnement corpusculaire en fonction de l'angle θ de sa direction avec la verticale, dans quatre laboratoires situés en haute altitude, au niveau de la mer et en sous-sol. Pour caractériser chacun de ces laboratoires, nous évaluerons la densité superficielle totale de l'écran (air et sol) interposé sur le trajet des rayons cosmiques verticaux depuis leur entrée dans l'atmosphère, et nous l'exprimerons généralement en mètres d'eau équivalents (h). Ainsi, au Laboratoire International du Jungfraujoch (altitude 3500^m), $h = 6^m,8$ d'eau; à Paris, au niveau du sol, $h = 10$; sous $8^m,50$ de sol, $h = 30$; sous 28^m de sol, $h = 75$.

II. Les appareils de mesure consistent en des systèmes de trois compteurs de Geiger Muller (tubes d'aluminium de 1^{mm} d'épaisseur, 28^{cm} de long, 26^{mm} de diamètre intérieur) montés en coïncidence et placés parallèlement dans un plan inclinable suivant tous les angles depuis la verticale ($\theta = 0°$) jusqu'à l'horizontale ($\theta = 90°$). La distance des compteurs extrêmes était de $28^{cm},7$ ou de $18^{cm},5$, suivant les appareils employés. Un

(1) Beuthe, *Zs. f. Phys.*, 46, 1928, p. 873; 50, 1928, p. 762.

(2) Rossi, *Nat.*, 132, 1933, p. 173; Johnson, *Phys. Rev.*, 44, 1933, p. 856.

écran de 6^{cm} de plomb était disposé entre les compteurs. Le nombre de coïncidences fortuites est petit, mais nous avons systématiquement soustrait de toutes les mesures ci-contre les valeurs trouvées pour $\theta = 90°$ dans chaque lieu et pour chaque appareil.



III. Dans le graphique inférieur de la figure ci-contre, où chaque courbe représente les mesures faites en un même lieu, on a porté en abscisses les écrans traversés par les rayons suivant leur direction, c'est-à-dire $h/\cos\theta$, et en ordonnées les logarithmes des nombres moyens de corpuscules arrivant à travers ces écrans par unité de temps. Lorsque les deux montages ont été utilisés, on a pu constater la proportionnalité très satisfaisante de leurs résultats, ce qui a permis de ramener les valeurs trouvées avec $18^{cm},5$ (ronds) [1], aux indications de l'appareil à $28^{cm},7$ (croix), le facteur de réduction étant 0,70.

IV. Si l'on suppose que le rayonnement présente à son entrée dans

[1] André Fournier, *Diplôme d'études supérieures*, Paris, 1936.

l'atmosphère une répartition isotrope, que le parcours des corpuscules est rectiligne et que leur absorption est fonction seulement de l'écran total traversé ($h/\cos\theta$), toutes les courbes devraient être superposées, ainsi que celle (en pointillé) qui joint les valeurs, suivant la verticale aux différentes profondeurs. Si, de plus, l'absorption était fonction exponentielle de $h/\cos\theta$, ces courbes seraient des droites. La courbure marquée des courbes expérimentales montre que les coefficients d'absorption ne sont pas constants, et décroissent lorsque la profondeur (¹) ou l'angle θ augmentent. En second lieu, l'accroissement d'épaisseur de l'écran traversé par l'inclinaison seule, la profondeur ne changeant pas (courbes trait plein), produit une décroissance d'intensité plus forte que l'accroissement de l'écran par augmentation de la profondeur seule (²) (courbe pointillée pour $\theta = 0$).

V. Un trait caractéristique de ces résultats est que la forme des répartitions en fonction de θ reste très sensiblement la même quelle que soit la profondeur, au lieu de devenir plus resserrée autour de la verticale, comme cela serait le cas si l'absorption se faisait exponentiellement avec un coefficient constant. On peut observer cette invariance sur le graphique supérieur de la figure, où les logarithmes des intensités sont rapportés, en chaque lieu, à une fonction de l'angle seul, soit $1/\cos\theta$: les courbes obtenues aux différentes profondeurs sont parallèles. A titre de comparaison, la courbe en pointillé montre la répartition au Jungfraujoch des rayons corpusculaires mous seuls (ceux qui sont arrêtés par 6^{cm} de plomb).

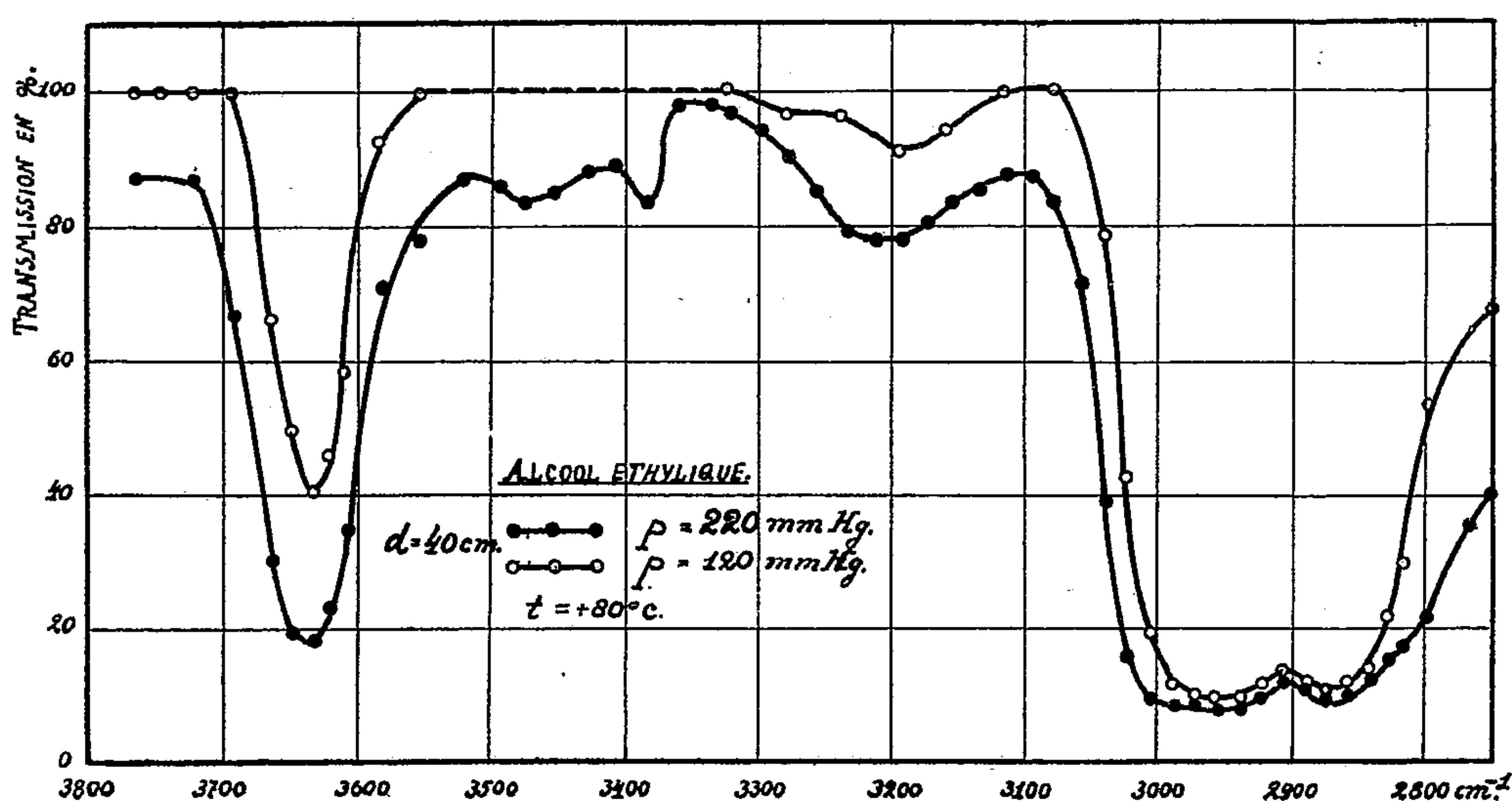
VI. En somme, on peut rendre compte en première approximation de cet ensemble de mesures en partant de la répartition expérimentale pour $h = 6,8$ dont la concentration verticale ne paraît pas susceptible d'une interprétation simple, et en admettant ensuite une absorption des corpuscules suivant un coefficient décroissant, fonction seulement de l'écran $h/\cos\theta$ traversé.

CHIMIE PHYSIQUE. — *La bande* O-H *des monomolécules d'alcool dans la région de* 3^{μ}. Note (³) de MM. **Jacques Errera** et **Pol Mollet**, présentée par M. Marcel Brillouin.

En étudiant les spectres d'absorption dans la région de 3^{μ} d'alcools aliphatiques (méthylique, éthylique, butylique, etc.) à l'état liquide en

(¹) Conformément aux résultats de Regener, Clay, Kolhorster, Millikan, etc.
(²) Voir Follett et Crawshaw, *Proc. Roy. Soc.*, A, 155, 1936, p. 546.
(³) Séance du 18 janvier 1937.

solution dans le tétrachlorure et le sulfure de carbone, nous avions trouvé précédemment (¹) une nouvelle bande bien définie à $3640 cm^{-1}$ ($2,73^{\mu}$) qui n'était visible que dans les solutions très diluées (moins d'environ 3 mol/lit). A notre avis, elle correspondait aux vibrations O-H dans la molécule isolée d'alcool, La large bande aux environs de $3350 cm^{-1}$ (3^{μ}) qui disparaissait avec la dilution, serait, par contre, principalement provoquée par les vibrations O-H intermoléculaires, intermoléculaires en ce sens que c'est l'atome de H d'une molécule qui vibre aussi avec l'atome



de O d'une autre molécule. Il y aurait là des *liaisons d'hydrogène* entre deux ou plusieurs molécules d'alcool. Des expériences faites à différentes températures en solution diluée (0,1 mol/lit) confirment pleinement notre manière de voir. Avec l'élévation de température, la large bande O-H à $3350 cm^{-1}$ disparaît de plus en plus, tandis que l'intensité de la bande monomoléculaire à $3640 cm^{-1}$ augmente.

Un point important était d'étudier le spectre des alcools à l'état de vapeur, puisque dans cet état, il est à prévoir que la bande *monomoléculaire* doit nettement prédominer. Cette recherche s'imposait d'autant plus que E. Bartholomé, d'après ses mesures sur les vapeurs d'alcool méthylique (²), affirme, dans la discussion du Congrès d'Edimbourg de la *Faraday Society*,

(¹) J. Errera et P. Mollet, *Nature*, 138, 1936, p. 882, et *Trans. Far. Soc.*, 1937, *Congrès d'Edimbourg* (à paraître).

(²) E. Bartholomé et H. Sachse, *Zeits. physik. Chem.*, 30, 1935, p. 40.

que c'est la bande à 3^{μ} qui correspond aux vibrations de valence de la liaison O-H dans la molécule isolée d'alcool.

Les courbes suivantes donnent nos résultats pour les vapeurs d'alcool éthylique a 80° et à deux pressions différentes.

L'alcool méthylique mesuré à la pression de 125^{mm} et à 60° donne une eourbe semblable à celle de l'alcool éthylique sous même pression dans la région de 3640 cm^{-1}. Nous voyons que notre bande monomoléculaire à 3640 cm^{-1} apparait nettement et, pour la pression la plus faible où son absorption est encore de 60 pour 100, il n'y a dans toute la région de 3^{μ} aucune absorption, sauf une très faible bande à 3200 cm^{-1} qui absorbe moins de 10 pour 100. C'est donc bien notre opinion qui est confirmée par ces mesures.

Nous reviendrons dans un autre travail sur les bandes plus faibles que l'on voit dans la région de 3^{μ} et qui apparaissent, lorsque la pression est relativement forte, avec une intensité d'ailleurs encore toujours beaucoup moindre que la bande monomoléculaire, pour discuter leur origine.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Spectres d'absorption dans le proche infrarouge de mélanges d'amines et d'alcools. Formation de composés ammoniums.* Note de Mme **Marie Freymann**, présentée par M. Georges Urbain.

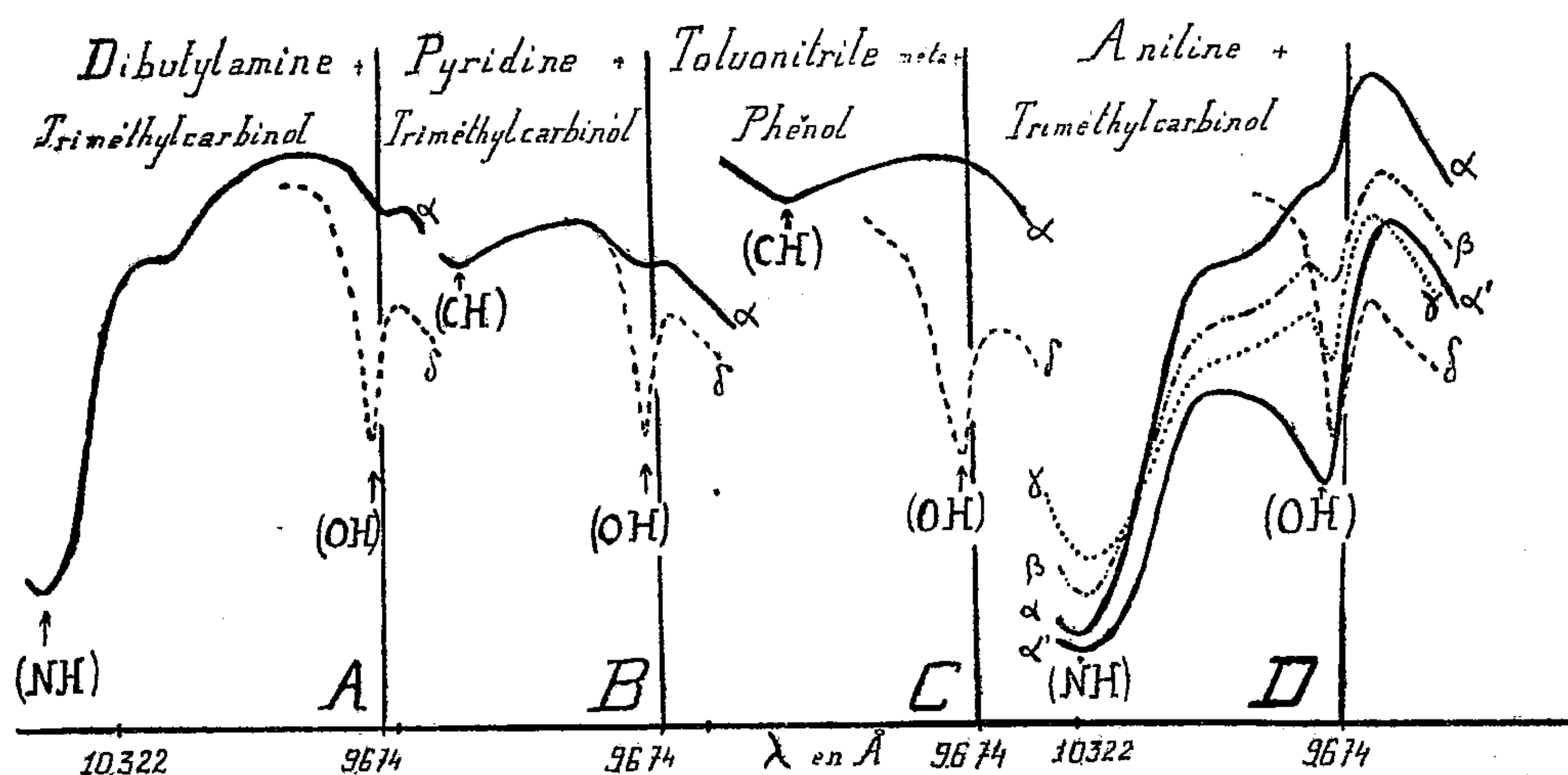
Divers auteurs ont signalé la formation de *composés moléculaires* entre amines et phénols dans certains cas particuliers ([1]). L'examen des spectres dans le proche infrarouge nous a permis de montrer que ce phénomène est tout à fait général, comme la formation des composés oxoniums mise en évidence ([2]) par la même méthode. Nous avons observé en effet la disparition presque totale ou parfois totale de la bande caractéristique du groupement OH pour les mélanges binaires suivants :

Aniline et triméthylcarbinol (1^{mol} pour 2^{mol}, 1^{mol} pour 1^{mol}, 1^{mol} pour 2^{mol}).
» alcool butylique (sol. normale en alcool).
» phénol (sol. N).
» résorcine (sol. N).
» propylèneglycol (sol. N).
Monométhylaniline et alcool butylique (sol. N).

([1]) C. A. Buehler et A. G. Heap, *J. Am. Chem. Soc.*, 48, 1926, p. 3168.
([2]) R. Freymann, *Comptes rendus*, 204, 1936, p. 41.

Monométhylaniline et phénol (sol. N).
Pyrrol et alcool butylique (sol. N).
Pyridine et triméthylcarbinol (sol. 2N).
» phénol (sol. N).
Métatoluonitrile et phénol (sol. N).
Dibutylamine et triméthylcarbinol (sol. N).

La figure montre quelques cas typiques de disparition de la bande (OH) : *alors que pour une même concentration dans* CCl^4 *la bande* (OH)



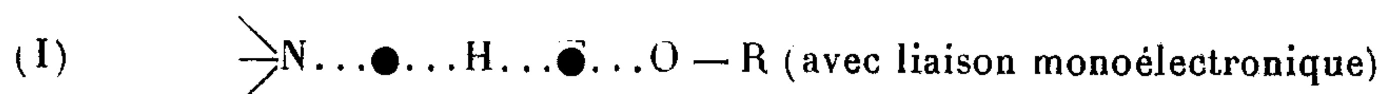
Les courbes δ correspondent aux solutions d'alcool ou phénol dans CCl^4. Sur la figure I_D, les courbes α, β, γ correspondent respectivement à 1 mol. d'alcool pour 2 mol. d'aniline, 1 mol. pour 1 mol., 2 mol. pour 1 mol., à la température ordinaire; la courbe α' correspond à la même concentration que α mais pour une température de 78°C.

de l'alcool est très intense, cette bande a disparu pour la solution dans l'amine. Cette absence peut s'expliquer par l'existence d'une liaison monoélectronique (¹) intermoléculaire de l'H du groupement OH de l'alcool à l'azote, d'où résulte la formation d'un composé ammonium.

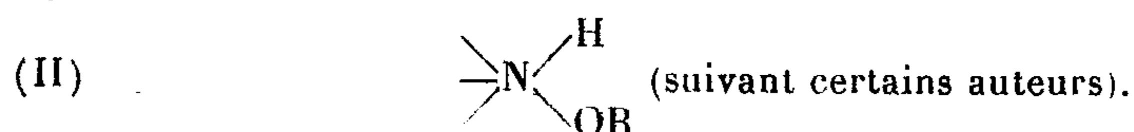
La structure des « composés moléculaires » a fait l'objet de nombreuses discussions et l'on admet généralement que les composés sont formés par l'union d'une molécule d'alcool et d'une molécule d'amine. Il était donc intéressant de rechercher d'une manière quantitative pour quelle concentration en alcool se produit la disparition de la bande OH ; la figure D montre que cette bande ne disparaît pas pour un mélange équimoléculaire

(¹) J. Perrin, *Comptes rendus*, 185, 1927, p. 557; Mme P. Ramart Lucas, *Comptes rendus*, 185, 1927, p. 561.

mais sensiblement pour 2^{mol} d'alcool et 1^{mol} d'amine à la température ordinaire. D'ailleurs, en chauffant la même solution à 78° C. la bande OH réapparaît très intense. *La concentration correspondant à la disparition dépend donc de la température;* autrement dit, il existe en solution un certain nombre de molécules d'alcool fixées, et ce nombre est variable avec la température. Le mécanisme de cette fixation peut être envisagé de deux façons :

(I) 

ou

(II) 

Si l'hydrogène était lié directement à l'azote (formule II), les mélanges pyridine-alcool auraient dû montrer une bande caractéristique de la fréquence (NH); comme il n'en est rien, la formule I semble plus vraisemblable. Il est intéressant de faire remarquer que les fréquences (NH) des amines grasses, aromatiques et hétérocycliques ne sont pas sensiblement modifiées par l'existence de la liaison monoélectronique (¹).

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur la conductibilité thermique des carbures gazeux non saturés à basse pression.* Note (²) de M. **René Delaplace**, présentée par M. Jean Perrin.

Il a été indiqué (³) une méthode permettant de mesurer d'une façon précise la conductibilité thermique des carbures saturés à basse pression. Cette méthode a été appliquée à la mesure des conductibilités thermiques des carbures éthyléniques vrais correspondants : éthylène, propylène, α-butylène et isobutylène. A ces carbures éthyléniques vrais nous avons ajouté le triméthylène (cyclopropane) isomère du propylène et le premier carbure acétylénique, l'acétylène.

(¹) Costeanu et Barchewitz (*Comptes rendus*, 203, 1936, p. 1499) ont fait remarquer que la bande de l'eau est très faible dans les solutions concentrées d'ammoniaque; ce résultat pourrait s'interpréter par le même mécanisme que les liaisons amine-alcool étudiées ici.

(²) Séance du 11 janvier 1936.

(³) R. Delaplace, *Comptes rendus*, 203, 1936, p. 1505.

L'éthylène a été préparé selon la méthode classique. Le propylène, l'α-butylène et l'isobutylène ont été préparés par action de la potasse alcoolique sur l'iodure de propyle normal, l'iodure de butane normal et le bromure de butyle tertiaire. Le triméthylène $\underset{\diagdown CH^2 \diagup}{CH^2 - CH^2}$ a été obtenu par l'action du Zn en poudre sur le bromure de triméthylène

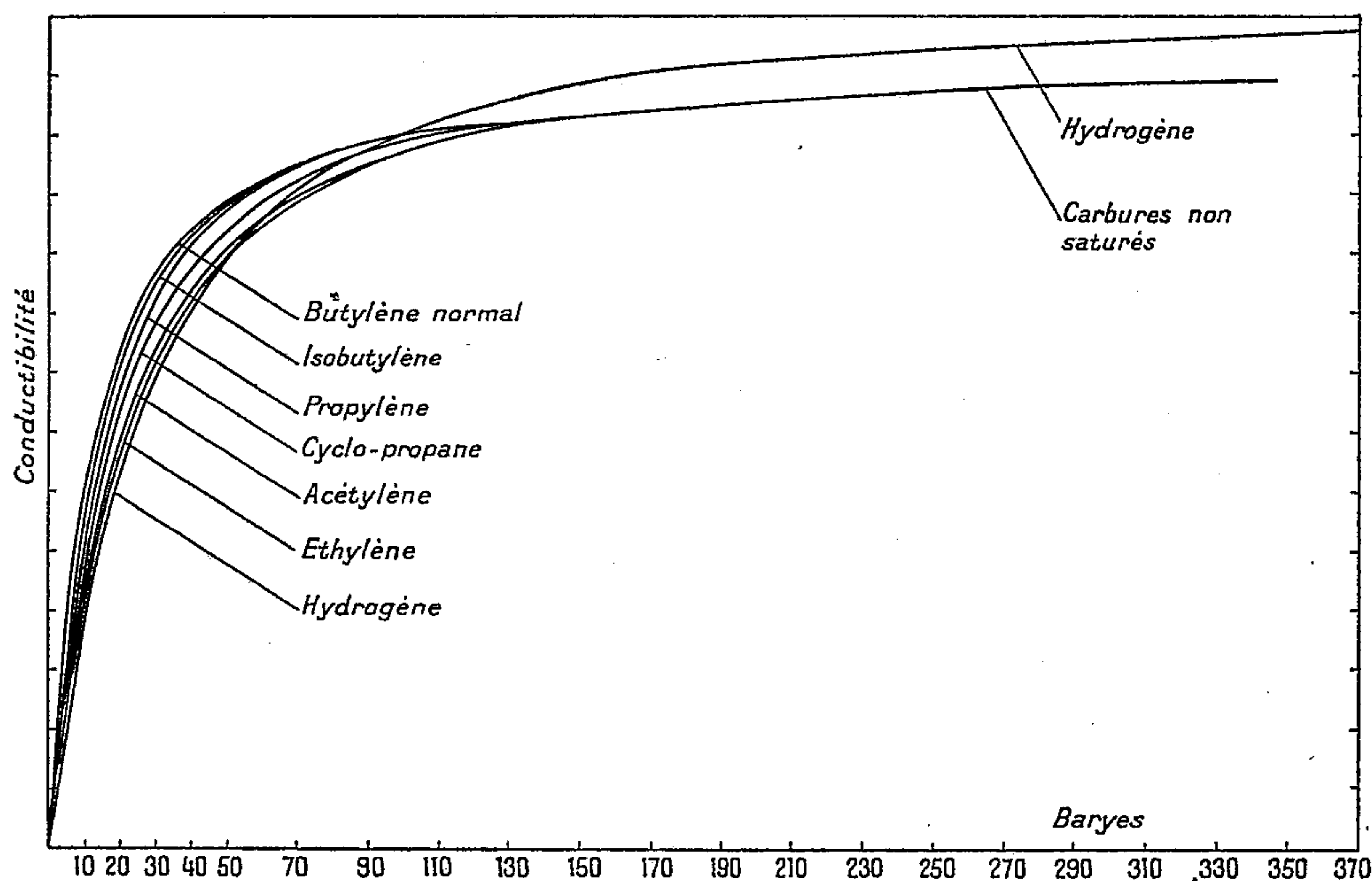


$$(CH^2Br - CH^2 - CH^2Br)$$

en solution alcoolique.

Tous ces gaz ont été soigneusement purifiés par distillation fractionnée dans l'azote liquide et dans le vide, et leur analyse eudiométrique s'est révélée conforme à la théorie. L'absorption par l'acide sulfurique à 60°B. ou le réactif sulfo-vanadique débarrassés des gaz dissous est absolument complète.

L'ensemble des courbes ci-dessous montre, comme dans le cas des carbures saturés, que :



1° pour tous les gaz étudiés, et conformément à la théorie cinétique des gaz, la conductibilité thermique est pratiquement indépendante de la pression au-dessus de 200 baryes;

2° pour des pressions comprises entre 1 barye et 150 baryes les car-

bures éthyléniques vrais présentent des conductibilités thermiques qui sont d'autant plus grandes que leur poids moléculaire est lui-même plus grand;

3° au-dessus de 200 baryes la conductibilité thermique des carbures éthyléniques vrais ou isomères et des carbures acétyléniques demeure sensiblement la même quels que soient la pression et le poids moléculaire;

4° pour les isomères propylène et cyclo-propane, α-butylène et isobutylène, les conductibilités thermiques sont différentes, ce qui confirme le fait signalé par moi-même pour les isomères des carbures saturés gazeux, que la structure de l'édifice moléculaire intervient dans les échanges thermiques entre les molécules et les parois;

5° aux pressions comprises entre 1 barye et 50 baryes la conductibilité thermique de l'hydrogène est beaucoup plus faible que celle des carbures éthyléniques vrais et acétyléniques, fait que j'ai mis en évidence pour les carbures saturés gazeux.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Variation du pouvoir catalytique des corps ferromagnétiques au point de Curie.* Note de MM. **Hubert Forestier** et **Richard Lille**, transmise par M. Pierre Weiss.

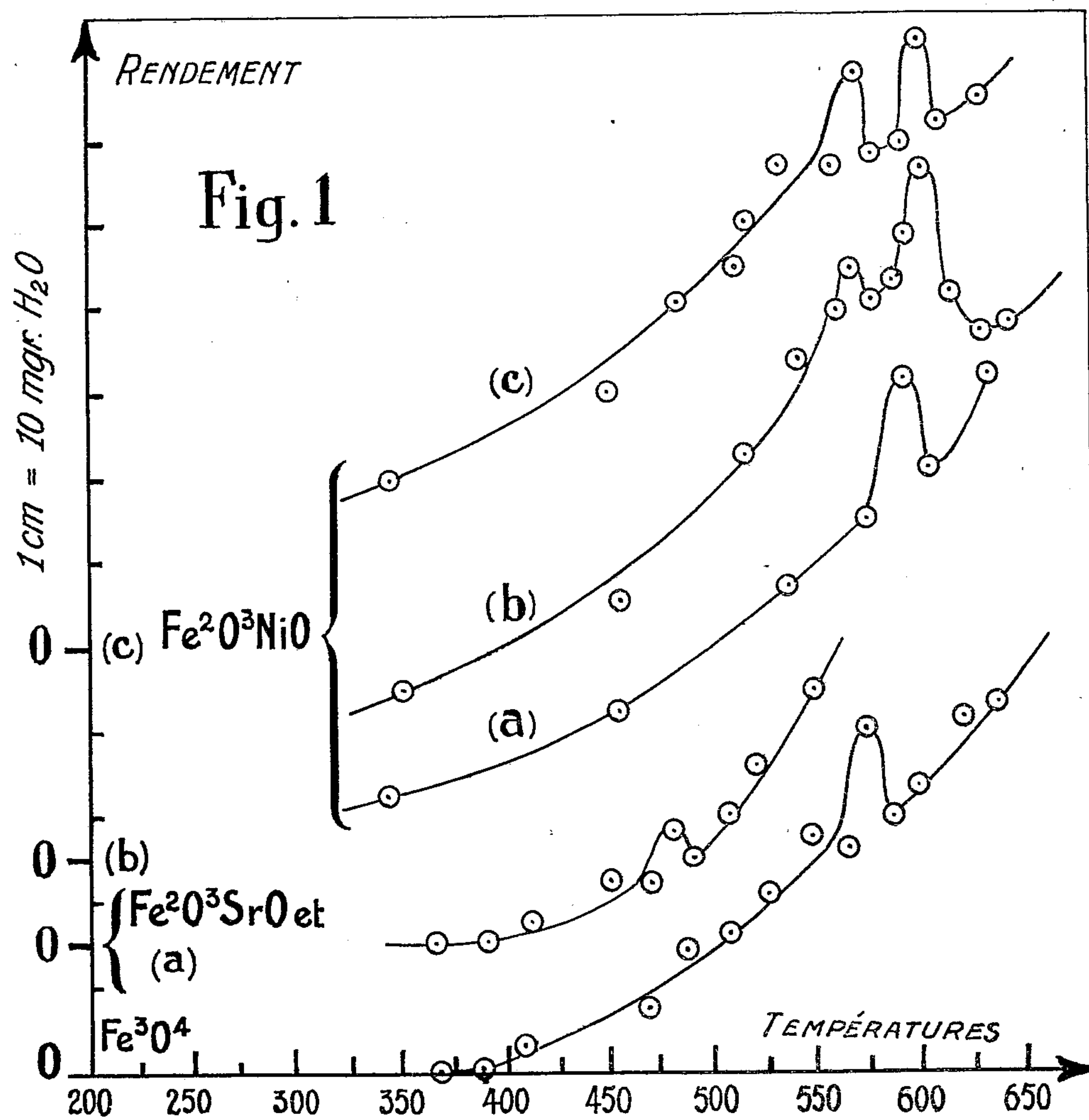
D'après certaines théories récentes [1], une partie des électrons superficiels de l'atome acquerrait une mobilité particulière au voisinage du point de Curie. Nous avons pensé qu'il pourrait être intéressant de rechercher un effet de cette mobilité accrue sur l'activité catalytique des corps ferromagnétiques.

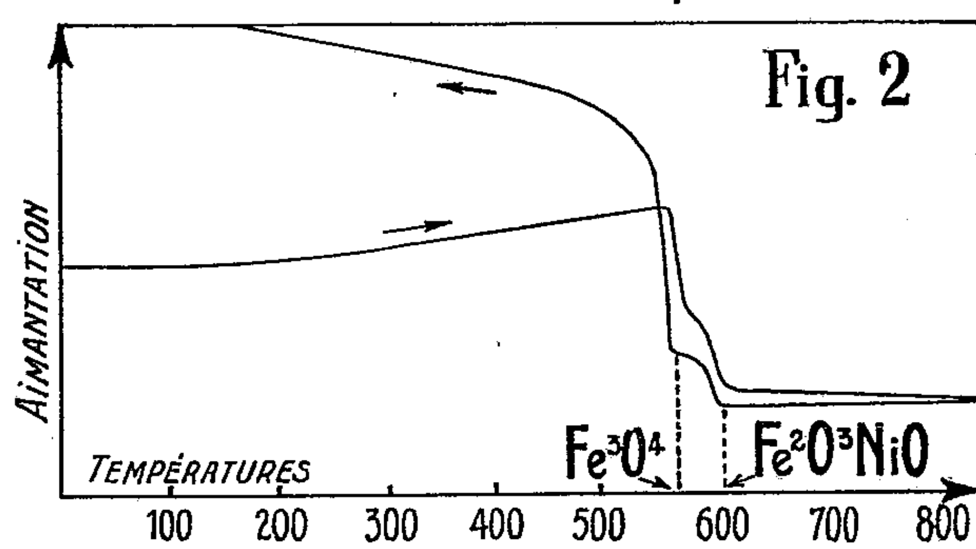
Une première indication expérimentale dans ce sens vient de nous être donnée par Hedvall et ses collaborateurs [2], qui ont montré dernièrement que la vitesse de certaines réactions d'équilibre ($N^2O \rightleftharpoons N^2 + 1/2 O^2$; $2CO \rightleftharpoons C + CO^2$) au contact des métaux ferromagnétiques peut varier lorsque le catalyseur (fer, nickel, alliages de nickel) perd son ferromagnétisme. Nous avons cherché à préciser et à généraliser ces résultats en étudiant une série d'oxydes ferromagnétiques, du type ferrites, susceptibles de catalyser des réactions très variées.

Les résultats exposés dans cette Note sont relatifs à la réaction $CO^2 + H^2 \rightleftharpoons CO + H^2O$. Après purification et dessiccation, les deux gaz

(1) Voir en particulier : Forrer, *J. de phys.*, 4, 1933, p. 109, 186, 427, 501).

(2) Hedvall et Hedin, *Z. phys. Chem.*, 27 B, 1934, p. 196.


RENDEMENT
Fig. 1
1cm = 10 mgr. H2O
(c)
(b)
(a)
0 (c) Fe2O3NiO
0 (b)
Fe2O3SrO et
0 (a)
Fe3O4
0
TEMPÉRATURES
200 250 300 350 400 450 500 550 600 650


Fig. 2
AIMANTATION
TEMPÉRATURES
Fe3O4
Fe2O3NiO
100 200 300 400 500 600 700 800

étaient mélangés dans la proportion de 45 molécules de H^2 à 55 molécules de CO^2 et parcouraient le tube à catalyse maintenu à température constante (débit : 1000^{cm^3} par heure). L'eau formée au cours de la réaction était recueillie dans des tubes à ponce sulfurique et pesée. Les variations de poids en fonction de la température permettent de tracer une courbe dont les changements d'allure doivent indiquer les variations du pouvoir catalytique de l'oxyde. Celui-ci était réparti en poudre fine dans la zone de température uniforme du tube.

Nous avons rassemblé dans les figures ci-contre le résultat de ces premières expériences, effectuées, et répétées un grand nombre de fois, sur les oxydes Fe^3O^4 (I), $Fe^2O^3.SrO$ (II), et $Fe^2O^3.NiO$ (III). Les deux premières courbes indiquent sans ambiguïté, une anomalie positive (maximum de rendement) dans la région du point de Curie de la magnétite (570°) et du ferrite de strontium (480°). Pour le ferrite de nickel nous donnons trois courbes (*a*, *b*, *c*) mettant en évidence la réduction progressive du même échantillon au cours de trois essais successifs : en effet, si la première courbe (*a*) ne montre qu'une anomalie positive au voisinage de 595° (point de Curie du ferrite de nickel), les deux autres indiquent l'apparition (*b*) d'un deuxième maximum de plus en plus marqué (*c*) vers 570° (point de Curie de Fe^3O^4). L'analyse thermomagnétique du catalyseur, après ce dernier essai, révèle effectivement (*fig.* 2) la présence des points de Curie des deux ferrites.

D'autres expériences dans le même domaine sont en cours, mais il semble bien que l'on puisse déjà relier les variations d'activité catalytique des trois oxydes étudiés au phénomène électronique du point de Curie qui provoque aussi la variation d'un certain nombre de propriétés physiques (chaleur spécifique, dilatation, résistance électrique).

CHIMIE PHYSIQUE. — *Contribution à l'étude des équilibres entre métaux et laitiers*. Note de MM. **René Perrin** et **Jean Lamberton**, présentée par M. Léon Guillet.

Les écrits sur les équilibres entre laitier et métal font constamment appel à la loi d'action de masses. Cette loi ne peut cependant être appliquée avec rigueur que dans un système *homogène*, soit pour des solutions très diluées, condition presque jamais réalisée dans la pratique, soit en phase gazeuse. Il est donc permis de se demander dans quelle mesure est légitime

l'emploi d'équations d'équilibre dans lesquelles on fait intervenir les teneurs des oxydes du laitier et les teneurs des éléments métalliques de la phase métal. Un raisonnement simple permet de répondre à cette question.

Imaginons un système dont les constituants soient uniquement des métaux et l'oxygène, et considérons l'équilibre des trois phases métal, laitier, gaz. Limitons-nous, pour simplifier, au cas d'un métal constitué par du fer et du manganèse, le raisonnement subsistant intégralement pour des métaux plus complexes. Le système a une variance 2 et est défini, à une température déterminée, si l'on se donne, par exemple, la concentration de Mn dans le métal.

La phase gazeuse contient, à l'état de gaz, tous les éléments des autres phases : fer, manganèse, oxydes correspondants et oxygène libre. Soient : $p\,\mathrm{Fe}$, $p\,\mathrm{Mn}$, $p\,\mathrm{FeO}$, $p\,\mathrm{MnO}$, $p\,\mathrm{O}^2$, les pressions partielles de ces divers éléments. On a le droit d'appliquer la loi d'action de masse dans la phase gazeuse (en supposant seulement que les vapeurs présentes puissent être considérées comme des gaz parfaits). Les pressions des métaux et de leurs oxydes sont donc liées par la relation

$$(1) \qquad \frac{p\,\mathrm{Fe}}{p\,\mathrm{Mn}} \times \frac{p\,\mathrm{MnO}}{p\,\mathrm{FeO}} = \mathrm{K},$$

K désignant une constante à la température envisagée.

Admettons en outre que Fe et Mn ne forment pas de composés définis dans le métal, ainsi que FeO et MnO dans le laitier; appelons P Fe, P Mn, P FeO, P MnO, les tensions de vapeur aux températures envisagées [Fe] [Mn] les concentrations dans la phase métal, (FeO) (MnO) celles de la phase laitier. Les éléments Fe, Mn dans le métal, FeO, MnO dans le laitier étant parfaitement miscibles, on a le droit d'écrire

$$p\,\mathrm{Fe} = [\mathrm{Fe}] \times \mathrm{P\,Fe}, \qquad p\,\mathrm{FeO} = (\mathrm{FeO}) \times \mathrm{P\,FeO}, \qquad \ldots.$$

Appliquant dès lors la loi d'action de masse dans la phase gazeuse, on en déduit la relation finale

$$\frac{[\mathrm{Fe}] \times (\mathrm{MnO})}{[\mathrm{Mn}] \times (\mathrm{FeO})} = \mathrm{K}\,\frac{\mathrm{P\,Mn} \times \mathrm{P\,FeO}}{\mathrm{P\,Fe} \times \mathrm{P\,MnO}},$$

la constante K n'étant fonction que de la chaleur de réaction en milieu gazeux à la température envisagée.

A une température déterminée, le second membre est constant; l'application de la loi d'action de masses entre laitier et métal est donc entièrement justifiée dans ce cas, mais ceci met en évidence : 1° que cette application suppose qu'il n'existe pas de composés définis; en cas d'existence

de tels composés, l'équation doit être corrigée pour tenir compte de cette existence; 2° que cette application n'est rigoureuse que dans le cas de l'équilibre triple, ce qui n'est jamais réalisé dans la pratique industrielle, et même au laboratoire. Un excès d'oxygène, par exemple, dans l'atmosphère par rapport à la pression partielle d'oxygène de l'équilibre triple, tend à dissoudre de l'oxygène en excès dans le laitier. Il ne peut plus y avoir équilibre proprement dit, et les diffusions et vitesses de diffusions interviennent. Il ne faut donc pas s'étonner de la dispersion des résultats observés dans les fours; 3° l'équation met en évidence l'influence, non seulement de la chaleur de réaction à une température déterminée en phase gazeuse, mais également des tensions de vapeur des différents corps en présence. On n'a pas le droit de les négliger sous le prétexte qu'elles sont très faibles, car seuls leurs rapports interviennent; deux conclusions s'en dégagent : *a*. La variation en fonction de la température de la constante d'équilibre métal-laitier peut être influencée dans des proportions très grandes par les lois de variation des tensions de vapeur des métaux et oxydes en fonction de cette même température. Cette influence peut ne pas être très apparente dans un domaine de température limité, mais peut jouer, au contraire, un très grand rôle si l'on explore un domaine plus étendu; *b*. La tendance à *passer au laitier* d'un corps dissous dans un métal de base à une température déterminée peut être extrêmement influencée par la volatilité relative du métal et de l'oxyde.

Nous n'avons fait intervenir à aucun moment, dans l'établissement de l'équation d'équilibre, les solubilités des oxydes dans le métal et des métaux dans le laitier. Nous avons seulement implicitement admis que les concentrations correspondantes sont faibles en assimilant par exemple, le Mn total dosé dans le métal au Mn métal et négligeant le Mn présent sous forme de MnO. Nous estimons qu'il est préférable de ne pas faire intervenir les solubilités, car celles-ci peuvent varier avec la composition des deux phases.

CHIMIE ANALYTIQUE. — *Sur la recherche et le dosage du soufre colloïdal et du soufre polysulfure dans les eaux sulfureuses.* Note de M. **Émile Cherbuliez** et Mme **Anna Herzenstein**.

I. *Soufre colloïdal.* — Les balnéologues ont souvent admis, dans les eaux sulfureuses, la présence de soufre à l'état colloïdal, mais l'identification ou

le dosage de ce constituant ne semble pas encore avoir été fait dans ces eaux naturelles.

On sait que le soufre subit, en milieu alcalin, une hydrolyse selon l'équation globale suivante :



$$4S + 3H^2O = 2SH^2 + S^2O^3H^2.$$

Comme nous allons le montrer dans cette Note, l'identification et le dosage du soufre élémentaire sous forme colloïdale peuvent s'effectuer très simplement grâce à la rapidité insoupçonnée de cette hydrolyse déjà en milieu faiblement alcalin (1/10 N) et à la température ordinaire. En milieu alcalin, en présence de soufre élémentaire, l'hydrogène sulfuré formé d'abord se transformera en polysulfure, mais, lorsqu'on opère en présence d'une suspension de carbonate ou d'hydroxyde de cadmium, nous avons constaté que les polysulfures sont décomposés en sulfure de cadmium insoluble qui subit à son tour l'hydrolyse. On finit donc par retrouver la totalité du soufre élémentaire sous forme de sulfure de cadmium (précipité) et de thiosulfate (en solution). Le dosage [1] de ces deux constituants, séparés par une simple filtration par titrage à l'iode, est tout ce qu'il y a de plus simple.

Lorsqu'on travaille rigoureusement à l'abri de l'oxygène atmosphérique, on constate en effet la formation d'hydrogène sulfuré et de thiosulfates à à partir de soufre élémentaire colloïdal dans les proportions indiquées par l'équation d'hydrolyse. Mais, dans les conditions de travail habituelles, une partie de l'hydrogène sulfuré formé en milieu alcalin est oxydée par l'oxygène atmosphérique avant d'avoir pu entrer en réaction avec la suspension cadmique. Cela ne présente pas d'inconvénient pratique puisque le soufre élémentaire régénéré est immédiatement hydrolysé à son tour, de sorte que la totalité du soufre élémentaire se retrouvera toujours sous forme de ces deux dérivés sulfure de cadmium et thiosulfate, dont le dosage est aussi simple que précis.

Lorsqu'il s'agit de rechercher et de doser en même temps, dans une eau sulfureuse naturelle, le soufre colloïdal éventuellement présent, il suffira d'exécuter deux séries de déterminations. Tout d'abord le dosage de l'hydrogène sulfuré (par traitement avec du chlorure ou du carbonate de cadmium) et des substances réductrices autres qui peuvent être présentes

---

[1] Pour les procédés de dosage, voir *Helv. Chim. Acta*, 17, 1934, p. 1582.

(notamment la thiosulfate) par titrage du filtrat de l'opération précédente; ensuite, on répétera ces deux déterminations après avoir alcalinisé l'eau à examiner par addition de soude caustique (par exemple 50$^{cm^3}$ de soude caustique 2N par litre), en présence d'une suspension de carbonate de cadmium précipité. Après un quart d'heure d'agitation, la transformation du soufre élémentaire peut-être considérée comme intégrale; il suffira de séparer, par filtration, le sulfure de calmium précipité, de la solution aqueuse contenant le thiosulfale formé et de terminer par les titrages iodométriques du précipité et du filtrat neutralisé au préalable. L'augmentation en hydrogène sulfuré et en thiosulfate donne immédiatement la quantité de soufre élémentaire.

Un point qui nous semble devoir être relevé dans le procédé décrit, c'est l'extrême simplicité des opérations qui peuvent être exécutées sur le terrain à l'aide d'un matériel très facile à transporter, comme nous avons pu le constater nous-mêmes.

Étudiant sur place les eaux sulfureuses de Piestany et de Trencianske Teplice (Tchécoslovaquie), nous avons pu y constater la présence de soufre colloïdal.

Eau examinée.	S coll. (mg/litre).	SH^2. (mg/litre).	Remarques.
Piestany, source principale, 65°C	1,3	5,5	I.
Piestany, piscine dite d'eau claire, 37°C	1,0	0,23	II.
Piestany, source principale, eau aérée et gazéifiée.	0,8	néant	III.
Trencianske Teplice, source de boisson, 38°C	1,0	3,3	IV.
Trencianske Teplice, source Sina, 42°C	1,8	3,2	V.

I. Contient un corps instable inconnu réduisant 10$^{cm^3}$ I 1/100e N par litre [1]; traces de thiosulfate.

II. Corps réducteur inconnu env. 7$^{cm^3}$ 1/100e N par litre.

III. Corps réducteur inconnu, néant.

IV. et V. Pas de corps réducteur inconnu; traces de thiosulfate.

Nous soulignons la stabilité remarquable du soufre colloïdal des eaux de Piestany, qui se retrouve même après destruction complète de l'hydrogène sulfuré par aération, et après saturation par de l'anhydride carbonique (eau aérée et gazéifiée en vue de son emploi comme eau de table).

---

(1) *Helv. Chim. Acta*, **17**, 1934, p. 1587.

2. *Soufre polysulfure.* — Le soufre de polysulfures alcalins est transformé en sulfure et thiosulfate par addition d'une suspension de carbonate ou d'hydroxyde de cadmium en milieu alcalin et pourra être ainsi dosé. L'expérience nous a montré l'exactitude du procédé de dosage dans le cas des polysulfures alcalins. Nous avons eu l'occasion d'examiner, à l'aide de ce procédé, les eaux sulfureuses de Smrdaky (Slovaquie), qui sont intéressantes par ailleurs à cause de leur extraordinaire richesse en hydrogène sulfuré.

Ces eaux froides, nettement jaunâtres, $pH = 7,15$ à $7,35$, contiennent par litre jusqu'à 345^{cm^3} d'hydrogène sulfuré à l'état libre et sous forme de sulfhydrates, à côté de traces de thiosulfates ($1^{cm^3},5$ 1/100 N par litre). Le traitement par de l'alcali, en présence de carbonate de cadmium, se traduit par une augmentation de l'hydrogène sulfuré et des thiosulfates, qui correspond à 35^{mg} de soufre élémentaire par litre. Il est évident qu'il ne saurait être question de soufre colloïdal à de pareilles concentrations. Il doit s'agir de soufre polysulfure, comme le fait prévoir déjà la couleur jaune de cette eau très curieuse, couleur qui disparaît lorsqu'on acidule, pour être remplacée par un trouble laiteux de source élémentaire précipité.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Nouvelles recherches sur la condensation de l'ester dichloracétique avec les cétones et les aldéhydes par l'amalgame de magnésium.* Note (1) de MM. **Georges Darzens** et **André Lévy**, présentée par M. Marcel Delépine.

L'un de nous (2) a montré que l'ester dichloracétique était susceptible de ce condenser avec les cétones et les aldéhydes par l'emploi des amalgames métalliques pour donner des esters d'acides β-oxy α-chlorés. Afin de montrer la généralité de cette réaction nous l'avons appliquée, d'une part, à la cyclohexanone et à la cyclopentanone et, d'autre part, à un certain nombre d'aldéhydes. Ce sont les résultats de ces recherches que nous publions aujourd'hui.

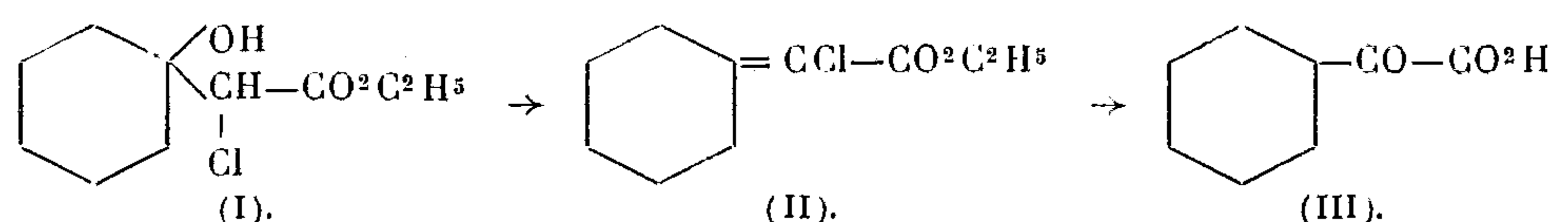
La susdite réaction est particulièrement aisée avec la cyclohexanone, nous l'avons réalisée de la manière suivante : On commence par préparer dans un ballon de l'amalgame de magnésium en chauffant un mélange de $12,5^g$ de magnésium et de 600^g de mercure dans un courant d'hydrogène; lorsque cet amalgame est froid on verse en une fois une solution de 50^g de

(1) Séance du 18 janvier 1937.

(2) G. Darzens, *Comptes rendus*, 203, 1936, p. 1374.

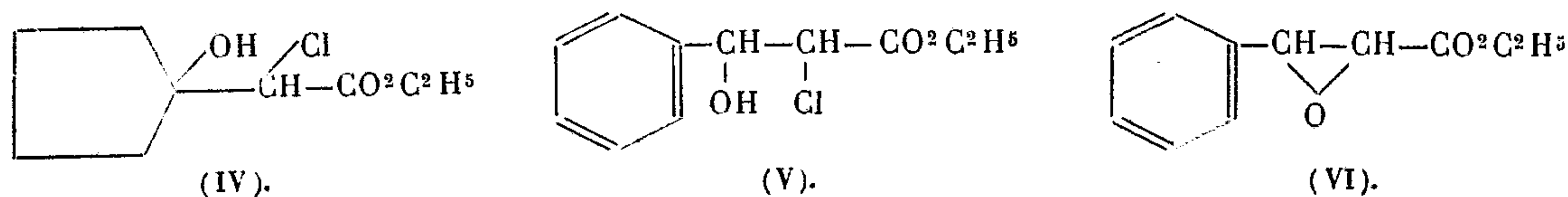
cyclohexanone (1/2 mol environ), 80^g d'ester dichloracétique et 500^g d'éther anhydre. Le ballon bien bouché est ensuite vigoureusement agité en le refroidissant de temps en temps sous un courant d'eau froide; la réaction ne tarde pas à se déclencher et peut facilement être modérée de manière à ne pas dépasser 30°, mais il est prudent de bien refroidir vers la fin lorsque déjà l'amalgame est devenu fluide car c'est surtout à ce moment que la réaction est particulièrement active.

Lorsque tout dégagement de chaleur a cessé on la termine par agitation mécanique sur un appareil à secousses pendant une heure. La masse est alors versée sur glace additionnée d'acide acétique et la couche éthérée décantée est soigneusement lavée, d'abord à l'eau salée, puis avec une solution de Na^2CO^3; elle est enfin séchée sur Na^2SO^4. Après avoir chassé l'éther on obtient ainsi environ 107^g d'un liquide faiblement coloré en jaune et distillant à 130°-140° sous 4^{mm} (théorie 110^g), soit un rendement de 97 pour 100 en ester de formule (I) :



En chauffant cet ester dans trois fois son poids de benzène avec une molécule de P^2O^5 mélangé de deux fois son poids de sable, on le déshydrate facilement pour donner, avec un rendement quantitatif, l'ester chloré éthylénique de formule II, liquide incolore distillant à 138°-139° sous 16^{mm}. Enfin, cet ester traité en solution hydroalcoolique, avec un excès de soude, donne l'acide α cétonique III qui, distillé dans le vide, donne aisément l'aldéhyde hexahydrobenzoïque dont la semicarbazone fond à 174°. C'est là une méthode de préparation de cette aldéhyde qui a l'avantage sur la méthode glycidique de l'un de nous (¹), d'éviter les odeurs particulièrement désagréables de l'ester glycidique correspondant.

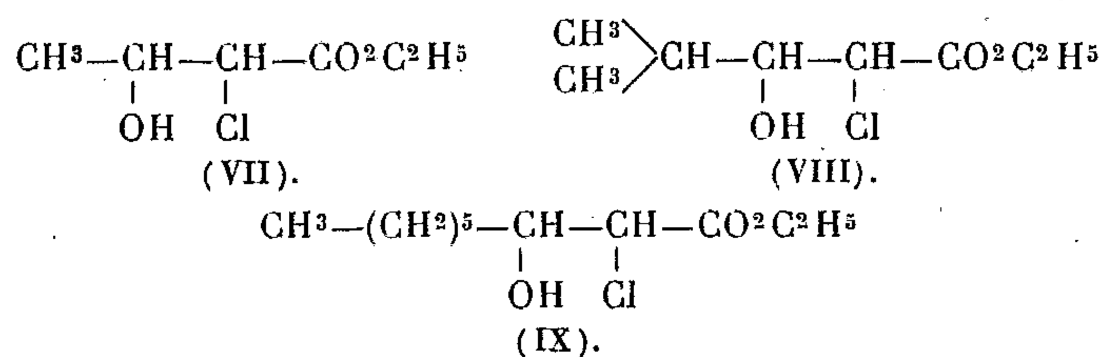
La cyclopentanone donne de même l'ester de formule VI distillant à 128° sous 5^{mm} susceptible des mêmes transformations.



(¹) G. Darzens et M. Lefébure, *Comptes rendus*, **142**, 1906, p. 714.

Parmi les aldéhydes, que nous avons condensés avec l'ester dichloracétique, l'aldéhyde benzoïque donne de même un excellent rendement en ester, de formule (V) distillant à 165° sous 4mm. L'éthylate de sodium le transforme quantitativement en ester glycidique (VI); par l'action de P^2O^5, il se déshydrate et l'ester ainsi obtenu donne, par saponification, l'acide phénylpyruvique, isomère de l'acide glycidique.

Les aldéhydes aliphatiques donnent, en général, de moins bons rendements à la condensation : l'aldéhyde acétique ne donne que 40 pour 100 de rendement en ester oxychloré (VII) distillant à 100-105° sous 15mm; l'aldéhyde isobutyrique donne environ 68 pour 100 de rendement en ester (VIII) distillant à 112-115° sous 18mm; enfin l'œnanthol nous a donné, avec un rendement de 57 pour 100, l'ester (IX) distillant à 144-148° sous 5mm



Malgré ces rendements moins favorables, tous ces esters oxychlorés donnent quantitativement les esters glycidiques correspondants avec l'éthylate de sodium.

L'infériorité des rendements avec ces aldéhydes est sans doute due à l'action condensante de l'amalgame sur l'aldéhyde seule; on améliorerait donc peut-être ces rendements en employant un excès d'ester dichloracétique.

CRISTALLOGRAPHIE. — *Généralisation de la loi de Bravais.*

Note de MM. **J. D. H. Donnay** et **David Harker.**

Indépendamment de sa justification théorique, on peut considérer la loi suivante comme loi d'observation : « L'importance d'une forme (pqr) est inversement proportionnelle à l'aire nS d'une maille généralement multiple du plan pqr, calculée comme si le réseau-période était hexaédral, en prenant pour multiplicité de la maille le premier ordre n de réflexion des rayons X compatible avec la symétrie du groupe spatial ». On utilise les conditions d'extinctions des 230 groupes : si les ordres de réflexion

des plans *ppr* doivent satisfaire à la condition $2p+r=4n$, la forme (111) se notera (444) et la maille calculée sera quadruple.

Cette loi met en évidence l'influence de la symétrie du *motif* sur le développement des formes. Elle inclut la loi de Bravais comme cas particulier, en l'absence d'axe hélicoïdal et de plan translatoire. Elle ne peut prétendre tenir compte de tous les facteurs du développement morphologique, puisqu'elle ne fait état que du *cadre vide* des éléments de symétrie de la maille. Purement géométrique, elle ne fait appel à aucun concept physique. L'influence conjuguée des symétries du réseau et du motif est si prépondérante qu'elle n'est presque jamais masquée par celle des autres facteurs.

La loi détermine l'importance relative des formes pour un groupe spatial connu; réciproquement, l'examen des formes peut suffire à prédire le groupe spatial (sans rayons X). On est conduit à dénombrer les *aspects morphologiques* possibles : 17 pour le système cubique, par exemple. La forme dominante n'est pas nécessairement le cube dans le mode hexaédral, l'octaèdre dans l'octaédral, le dodécaèdre dans le dodécaédral. La loi nouvelle distingue entre certaines formes mériédres complémentaires (pyritoèdres) que la loi de Bravais est impuissante à séparer.

EXEMPLES. — Trois exemples (voir les tableaux) montrent l'*influence des plans translatoires*. Dans chaque tableau, les première et deuxième colonnes classent les formes par ordre d'importance décroissante selon la loi de Bravais; les deuxième et troisième colonnes donnent le classement modifié (la deuxième colonne réunit les formes communes aux deux listes). Chaque forme est notée par ses « caractéristiques multiples », à introduire dans la formule de l'aire S de façon à exprimer soit le mode du réseau (Bravais, Friedel), soit la symétrie du motif (Donnay-Harker). Le nouveau classement est plus conforme aux faits que celui de Bravais.

Soufre orthorhombique. — Les quatre premières formes inconnues sont éliminées. Les pinacoïdes se placent à des rangs qui reflètent mieux leur importance observée. L'octaèdre, qui impose le facies, arrive premier. La première forme manquante a le n° 20 au lieu du n° 8.

Grenats. — Dana donne (112) et (011) comme formes les plus communes, (123) fréquente, (001) et (111) rares. Ces seules indications suffisent, dans ce cas-ci, à déterminer le groupe $Ia3d$ sans ambiguïté.

Pyrite. — (021) est beaucoup plus important que (012), (025) est connu et (052) ne l'est pas, ainsi que le prédit la loi. Au seul *aspect morphologique* classant en tête les trois formes dominantes, correspond l'unique groupe $Pa3$.

Un exemple montrera l'effet d'un axe hélicoïdal : *quartz de basse tempé-*

rature. Classement de Bravais parfait à une exception près : la base, extrêmement rare, est en tête. L'axe hélicoïdal (3_1 ou 3_2) a pour effet de diviser par 3 le paramètre *effectif* de l'axe *c*. La base notée (0003) est rejetée au huitième rang. L'absence ou la rareté de la base chez tant d'espèces s'explique de même.

TABLEAU I. D_{2h}^{24} Soufre *Fddd*.

B.-F.	Com.	D.-H.
002	...	
	111	
020	...	
	...	004
	113	
	022	
200	...	
	202	
*024	...	
	115	
	220	
*204	...	
	131	
	133	
	026	
	224	
	311	
	206	
	...	040
	117	
	313	
*042	...	
	135	
	315	
*028	...	
240	...	
	331	
	*242	
*208	...	
	*137	
	...	400
	119	
*402	...	
046	...	

TABLEAU II. O_h^{10} Grenats *Ia3d*.

B.-F.	Com.	D.-H.
011	...	
002	...	
	112	
	...	022
013	...	
222	...	
	123	
	...	004
*114	...	
	024	
	233	
*015	...	
	134	
	*125	
035	...	
334	...	
224	...	
	*116	
	*235	
	...	026
	145	
226	...	
	*136	
	...	444
*017	...	
	*345	
	046	
	*127	
	*255	
*037	...	
	*237	
	*156	
*118	...	
	*147	

TABLEAU III. T_h^6 Pyrite *Pa3*.

B.-F.	Com.	D.-F.
001	...	
011	...	
	111	
	...	002
	021	
	112	
	...	022
	122	
031	...	
	113	
032	...	023
	123	
	041	
	223	
	114	
	133	
	...	024
	124	
	233	
	043	
*051	...	
	134	
	115	
*052	...	025
	234	
	*125	
	144	
	225	
053		
	334	
	135	
	061	
	*116	
	235	

N. B. — Les formes qui sont inconnues pour l'espèce sont marquées d'un astérisque.

LITHOLOGIE. — *Expression graphique du métamorphisme régional.* Note (¹) de M. **B. Choubert.**

L'étude microscopique des roches cristallines recueillies au cours d'une mission géologique au Gabon (A.E.F.) m'a permis de constater qu'elles portent presque toutes les traces des multiples modifications de composition ou de structure subies avant d'atteindre leur état actuel. Seuls les granites potassiques et les dolérites les plus récents font exception à cette règle.

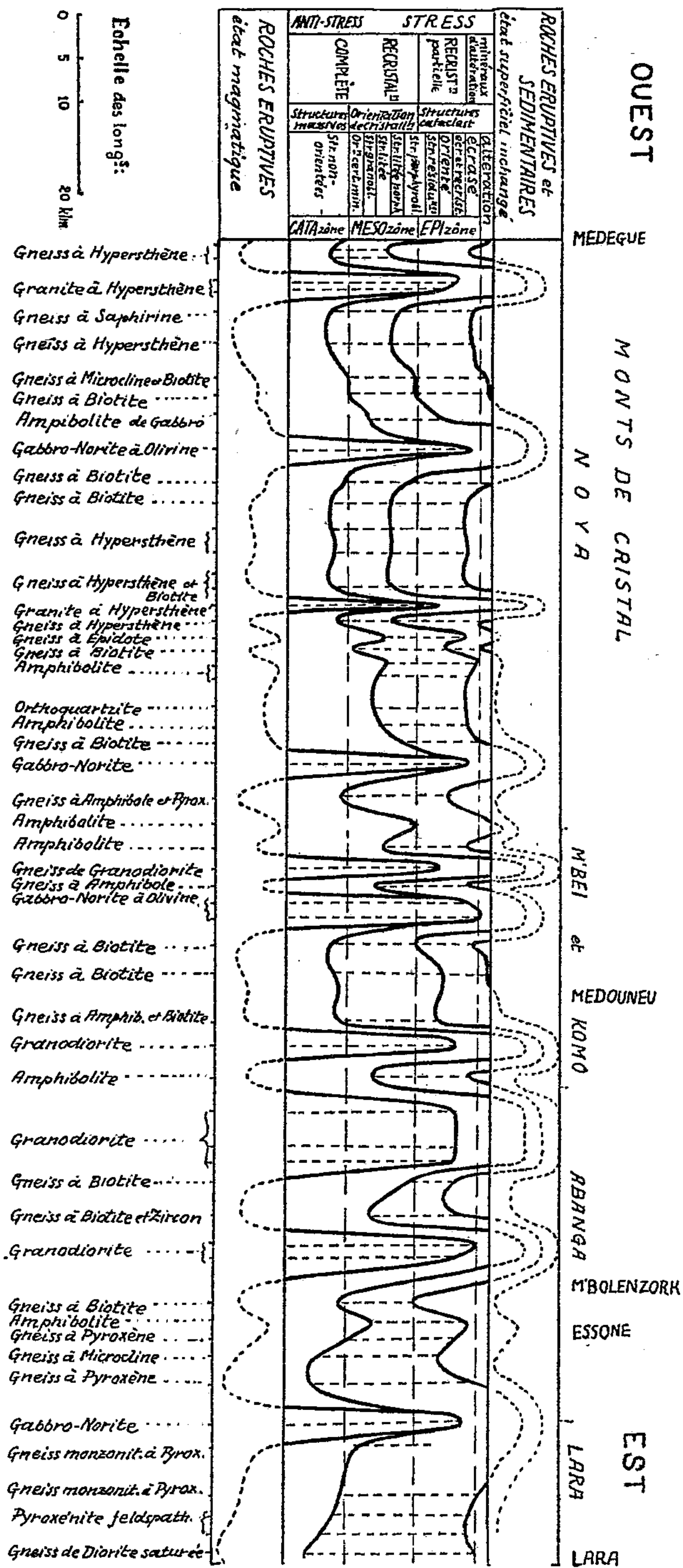
On distingue, par ordre croissant d'ancienneté, des granodiorites ayant une structure porphyroclastique, puis des granites monzonitiques à pyroxène et des gabbro-norites à olivine, qui sont généralement transformés en gneiss à pyroxène, pyroxénites ou amphibolites.

Parmi les roches cristallophylliennes d'origine éruptive ou sédimentaire, certaines ont des structures résiduelles; d'autres n'ont gardé de leur état antérieur que les minéraux caractéristiques des zones profondes; parfois même la structure seule témoigne d'une histoire métamorphique antérieure. Toutes montrent en outre des transformations minérales tendant à atteindre un nouvel équilibre ou bien des orientations et des écrasements secondaires.

Étant donné que, par la force des choses, une roche formée dans la catazone doit passer par la méso et par l'épizone avant d'atteindre la surface, sa transformation sera d'autant plus complète que le séjour dans ces zones aura été plus prolongé. Dès lors, telle modification de structure ou de composition indiquera les périodes de ralentissement ascentionnel, indépendamment de l'orientation des minéraux ou des déformations épizonales dynamométamorphiques, dues aux pressions orientées (stress).

Pour explimer graphiquement l'évolution métamorphique d'une région, on placera dans les ordonnées l'échelle des états successifs d'une roche, à partir de son état frais jusqu'à sa recristallisation complète, en supposant chacune des trois zones délimitée par des surfaces planes et parallèles. Dans les abscisses, on portera tous les échantillons récoltés le long d'un itinéraire. On obtiendra ainsi pour chaque roche plusieurs points superposés, déterminés par les deux coordonnées suivantes : état de transformation et emplacement géographique. Ensuite il suffira de tracer la *courbe des roches*

(¹) Séance du 18 janvier 1937.


Échelle des longs.:
0 5 10 20 kilm
ROCHES ÉRUPTIVES état magmatique
ANTI-STRESS
STRESS
COMPLÈTE
RECRISTALn
RECRISTn partielle
CATA zône
MESO zône
EPI zône
ROCHES ÉRUPTIVES et SÉDIMENTAIRES état superficiel inchangé
OUEST
MEDEGUE
MONTS DE CRISTAL
NOYA
M'BEI et MEDOUNEU
KOMO
ABANGA
M'BOLENZORK
ESSONE
LARA
EST
LARA
Gneiss à Hypersthène
Granite à Hypersthène
Gneiss à Saphirine
Gneiss à Hypersthène
Gneiss à Microcline et Biotite
Gneiss à Biotite
Ampibolite de Gabbro
Gabbro-Norite à Olivine
Gneiss à Biotite
Gneiss à Biotite
Gneiss à Hypersthène
Gneiss à Hypersthène et Biotite
Granite à Hypersthène
Gneiss à Hypersthène
Gneiss à Epidote
Gneiss à Biotite
Amphibolite
Orthoquartzite
Amphibolite
Gneiss à Biotite
Gabbro-Norite
Gneiss à Amphibole et Pyrox.
Amphibalite
Amphibolite
Gneiss de Granodiorite
Gneiss à Amphibole
Gabbro-Norite à Olivine
Gneiss à Biotite
Gneiss à Biotite
Gneiss à Amphib. et Biotite
Granodiorite
Amphibolite
Granodiorite
Gneiss à Biotite
Gneiss à Biotite et Zircon
Granodiorite
Gneiss à Biotite
Amphibolite
Gneiss à Pyroxène
Gneiss à Microcline
Gneiss à Pyroxène
Gabbro-Norite
Gneiss monzonit. à Pyrox.
Gneiss monzonit. à Pyrox.
Pyroxénite feldspath.
Gneiss de Diorite saturée

éruptives, dont les crochets passant par les points correspondant aux roches éruptives réelles devront être réunis au-dessous de la limite inférieure de la catazone (limite entre l'état métamorphique et l'état magmatique) dans le domaine des roches éruptives potentielles. Pour les roches intactes auxquelles aucun point ne correspond dans le domaine métamorphique, la courbe sortira au-delà de la limite supérieure de l'épizone (limite entre l'état métamorphique et l'état non modifié).

On réunit ensuite les points inférieurs des roches métamorphiques de façon que cette première *courbe du métamorphisme* ne recoupe pas celle des roches éruptives. Si ces dernières ont un correspondant recristallisé, les deux courbes devront se confondre à la partie culminante du crochet.

On procède de la même façon pour les autres états successifs en traçant un nombre équivalent de courbes. Ainsi on obtient l'expression graphique du métamorphisme régional, qui traduit les caractères pétrographiques de chaque roche et l'intensité du métamorphisme, exprimée par le nombre de phases subies par la région.

L'âge relatif des roches éruptives sera évalué par le nombre de leurs transformations et par l'existence ou l'absence de correspondants minéralogiques recristallisés dans leur voisinage immédiat.

En variant l'échelle, ce procédé pourra être appliqué à n'importe quelle région affectée par le métamorphisme.

GÉOLOGIE. — *Nouvelles observations sur l'extension des anciens glaciers dans la basse vallée de l'Isère.* Note (¹) de M. **Franck Bourdier.**

L'Isère en aval de Grenoble, après avoir franchi en cluse les chaînes subalpines, oblique vers le Sud-Est et entre dans la large plaine d'alluvions modernes de Moirans, longue de 17^{km}. Cette plaine se termine à *Rovon* par un seuil d'alluvions anciennes et de moraines, dans lequel l'Isère actuelle pénètre en gorge.

Vers 1864, Charles Lory considérait cette plaine comme la *cuvette terminale* des anciens glaciers, n'ayant pas trouvé de traces de ceux-ci en aval de Rovon. En 1904, Hitzel crut pouvoir affirmer que les glaciers avaient largement dépassé Rovon; il découvrit en effet à Cognin des galets striés, des

(¹) Séance du 18 janvier 1937.

sables et des argiles de *faciès glaciaire*; il signala à *La Sône* un bloc erratique calcaire de 20^{m^3} et, près de la gare de *Saint-Nazaire*, un dépôt morainique à gros blocs : ces trois localités sont situées respectivement à 7, 18 et 23^{km} en aval de Rovon. Néanmoins, en 1911, W. Kilian et M. Gignoux estimèrent que le *bloc erratique* de La Sône pouvait être d'origine locale, et que le caractère *glaciaire* des alluvions de Cognin et de Saint-Nazaire ne s'imposait pas, étant donné les mauvaises conditions des affleurements; tout en reconnaissant l'impossibilité de retrouver l'emplacement exact des anciens fronts glaciaires dans la vallée de l'Isère, ils admirent que les glaciers avaient dû s'arrêter entre L'Albenc et Saint-Marcellin (d'après des observations de P. Lory).

Une découverte récente semble donner raison aux affirmations d'Hitzel : j'ai observé, en effet, à 29^{km} en aval de Rovon, une roche qui me paraît bien erratique; il s'agit d'un bloc anguleux situé à 400^m environ au Nord-Est de l'église d'*Eymeux*, le long d'un chemin vers les Mazis : c'est un grès grossier (ou brèche) à éléments calcaires, d'origine certainement « intra-alpine » (probablement Flysch tertiaire); la partie non enfouie dans le sol mesure $1^m,40 \times 1^m \times 0^m,50$. Quant à la « moraine de *Saint-Nazaire* » signalée par M. Hitzel, elle est maintenant bien visible dans une grande sablière sur le bord de la route de Saint-Hilaire à Saint-Nazaire : ce n'est peut-être pas une vraie moraine, car elle ne contient pas de cailloux striés, mais, en raison des gros blocs relativement peu roulés qu'on y trouve, je la considère comme une formation *fluvio-glaciaire* déposée à peu de distance du glacier.

Quelle est la place de ces « moraines » de Saint-Nazaire et du bloc erratique d'Eymeux dans la chronologie générale des dépôts quaternaires de la basse Isère ?

Ces dépôts peuvent être répartis en deux groupes : 1° *Les alluvions et moraines anciennes* (hautes terrasses de 50 à 80^m de la région de Valence, etc.), caractérisées par une couverture de *limons* lœssoïdes ou sableux, souvent très compacts, pouvant atteindre plusieurs mètres d'épaisseur; les eaux de pluie qui traversent ces limons se chargent de sels calcaires qu'elles déposent sous forme d'une *croûte blanche* autour des galets sous-jacents; ces limons semblent correspondre aux limons lœssoïdes qui surmontent les argiles à varves d'Eybens près Grenoble, ces derniers étant contemporains des lignites feuilletés interglaciaires de la région de Chambéry; 2° *Les alluvions et moraines récentes* (basses terrasses de 35 à 15^m

de la région de Valence, etc.), caractérisées par l'absence ou le faible développement des limons, et, sur les galets, des croûtes blanches (1).

Notre « fluvio-glaciaire » de Saint-Nazaire est situé à la base d'une basse terrasse, mais il n'en constitue que le socle et doit être rapporté, semble-t-il, au complexe des hautes terrasses; car, sur une certaine épaisseur, ses galets sont recouverts d'une croûte blanche que les galets des basses terrasses, bien visibles dans les tranchées de la route de Saint-Hilaire à Saint-Nazaire, ne présentent pas.

De même on doit admettre que le bloc erratique d'Eymeux, apparaissant à la surface d'une basse terrasse, appartient lui aussi en réalité au complexe des moraines anciennes, et représente un témoin, resté sur place, de ces moraines nettoyées par l'érosion qui a précédé le dépôt de la basse terrasse.

La présence des anciens glaciers à Eymeux, à 46^{km} de la cluse de l'Isère, n'a rien d'anormal, puisque dans la vallée morte de la Bièvre située dans le prolongement de cette cluse vers l'Ouest, les anciens glaciers se sont avancés jusqu'à Marcolin, à 37^{km} de la cluse. Mais, tandis que dans la Bièvre les moraines les plus externes sont assez bien conservées, dans la vallée de l'Isère il n'en reste plus que de faibles traces; elles ont été dispersées par les cours d'eau qui ont succédé aux glaciers, alors que la Bièvre devenait une « vallée morte » où l'érosion fluviale n'agissait plus.

GÉOLOGIE. — *Sur l'âge des plis et accidents du Massif cambrien de Rocroi.* Note de M. **Gérard Waterlot**, présentée par M. Charles Barrois.

J'ai pu mettre en évidence (2) que le Massif cambrien de Rocroi, émergeant au sein d'une voûte anticlinale dévonienne, montre une structure

(1) Dans les vallées de l'Armette, du Sépin, et de la Cumane, en particulier entre Saint-Vérand et Saint-Marcellin, j'ai remarqué, à la base des terrasses d'alluvions anciennes, des sables ayant parfois un très fort pendage vers l'aval. Est-ce une formation de delta dans un lac d'origine glaciaire? Ou bien faut-il admettre que ces sables sont seulement fluviatiles et les rapprocher alors des sables qui, à Curson, à 20^{km} en aval d'Eymeux, ont fourni de l'industrie du Paléolithique inférieur associée à *Elephas Trogontherii*. A ce propos rappelons l'existence, à Saint-Roman, d'industries du Paléolithique supérieur (Magdalénien ancien?) dans des éboulis contre lesquels la terrasse de 35^{m} semble venir buter; cette industrie débute à presque 3^{m} au-dessous de la surface de la terrasse; elle doit donc être antérieure, ou tout au plus, contemporaine de cette terrasse.

(2) *Comptes rendus*, 204, 1937, p. 139.

indépendante de celle-ci, puisqu'elle dessine, au contraire, un synclinal à flanc sud renversé. En comparant à cette allure, celle des terrains dévoniens qui limitent de toutes parts le Massif de Rocroi, il est possible, en effet, de distinguer dans le détail des déformations, celles qui sont plus anciennes, appartenant au ridement de l'Ardenne de J. Gosselet (1888) [phase calédonienne (1)] et qui sont propres au Cambrien, et celles, plus récentes, produites par le ridement du Hainaut de J. Gosselet, c'est-à-dire par les plissements varisques (2) qui affectent à la fois le Cambrien et les couches dévoniennes limitrophes.

I. D'une façon générale, l'ensemble des accidents qui ont donné au Massif, l'allure d'un synclinorium, peut être rapporté à la phase orogénique calédonienne; l'axe synclinal principal du Revinien ne se prolonge pas dans la couverture dévonienne. A cette phase, j'attribue les plis nombreux et les écailles qui ont ondulé et disloqué les veines ardoisières de l'assise de Fumay, car cette assise forme le flanc méridional d'un anticlinal enseveli, au nord d'Haybes, sous le Dévonien qui le recouvre sans en épouser la structure. Le *pli anticlinal du Bois d'Harcy*, la *faille* et l'*écaille de Laifour*, l'*écaille du ravin de Mairus*, le *cran de retour de l'Enveloppe*, l'*écaille de la Carbonnière*, le *pli anticlinal* renversé qui affecte l'assise de *Deville* et l'*écaille du Fay-Phade* qui amène le recouvrement du bord sud de l'assise de Deville par l'assise de Bogny, à l'est de Château-Regnault, sont également autant d'accidents très anciens, antérieurs aux dépôts dévoniens contre lesquels on les voit buter brutalement à l'Est sans qu'ils en modifient l'allure. La phase orogénique calédonienne a donc déformé le Cambrien de Rocroi en plis couchés au Nord, de direction sensiblement Est-Ouest (en général Est-10° Nord), dont le dessin général est celui d'un grand synclinorium à flanc sud renversé, bordé au Nord et au Sud par deux anticlinaux, également déversés au Nord; le tout est découpé par de nombreux chevauchements dus à l'étirement des flancs inverses des anticlinaux couchés au Nord.

II. L'effet des mouvements varisques a été de plier, au contraire, la région en une voûte anticlinale dissymétrique, déversée au Nord. Cette dernière n'est pas simple : on y distingue, séparés par une ondulation synclinale intermédiaire (*le synclinal du Franc-Bois de Willerzie*) : un axe anticlinal situé au Nord, l'*anticlinal du Bois d'Hargnies* et un autre au Sud, *celui de*

(1) *Jung Kaledonische Faltung* de H. Stille.
(2) *Mittel-variszische Faltungen* de H. Stille.

Louette-Saint-Pierre, qui est l'axe principal de cette voûte hercynienne. Le synclinal dévonien du Franc-Bois de Willerzie se prolonge à l'Ouest dans le Revinien par le *synclinal du ravin de Faux*, entre Revin et Anchamps. L'anticlinal principal de Louette-Saint-Pierre a produit, en plein bassin revinien, la *ride anticlinale d'Anchamps*, accident remarquable par sa continuité, puisqu'on le suit sur 40^{km} jusqu'à Eteignières, à l'Ouest, où il ramène au jour les schistes devilliens vert clair avec ardoises vertes et violettes de l'assise de Fumay.

A la même phase varisque, il faut rapporter la plupart des très nombreuses failles transverses décrochant, parfois vers le Sud, plus souvent vers le Nord, les accidents calédoniens du Massif de Rocroi, car des décrochements analogues affectent la zone de contact entre Cambrien et Dévonien dans le Bois-Saint-Jean près de Louette-Saint-Pierre. Le synclinal du ravin de Faux et l'anticlinal d'Anchamps, de formation plus récente, présentent, comme les plis calédoniens, une structure isoclinale, mais ne sont pas découpés en écailles. La direction de ces plis est presque parallèle à celle des accidents calédoniens, mais orientée davantage vers le Nord (direction Est-20° Nord). D'une façon générale, la tectonique varisque a, dans le Cambrien, des effets moins brisants que la phase précédente.

III. Ceux de ces accidents qui sont d'âge calédonien ont plissé et découpé en écailles les filons-couches de diorite et porphyroïde, et les bancs d'eurite. Les éruptions anciennes de l'Ardenne sont donc postérieures au Cambrien le plus récent (Revinien) dans lequel elles se sont insinuées et certainement *antérieures au paroxysme orogénique calédonien* qui les a prises dans son plissement.

C'est donc bien à la période silurienne qu'il faut attribuer cette activité éruptive.

GÉOLOGIE. — *Sur les lambeaux de brèche tectonique à la surface des roches vertes syriennes*. Note [1] de M. **Louis Dubertret**, présentée par M. Charles Jacob

Dans la Syrie Nord et à Chypre, les géologues ont été frappés par des lambeaux de roches, surtout sédimentaires, éparpillées dans certaines zones à la surface des roches vertes et caractérisées par le désordre de

[1] Séance du 18 janvier 1937.

leur structure. Certaines couches rubannées, plissotées, ont été considérées, par M. Blanckenhorn et L. Kober, comme le produit du métamorphisme du Sénonien et de l'Eocène par une intrusion des roches vertes; cependant l'étude pétrographique par L. Finckh, des matériaux de M. Blanckenhorn n'avait pas confirmé la présence des minéraux de métamorphisme de contact. A Chypre, C. G, Cullis, A. B. Edge et Cowper Reed ont décrit les mêmes lambeaux, tout en affirmant l'absence de métarmorphisme; l'identité et la signification des lambeaux n'ont pas été reconnus.

De tels lambeaux s'étendent sur des kilomètres carrés, avec jusqu'à 20^m d'épaisseur, sur le bord sud des roches vertes syriennes, au nord et nord-est de Lattaquié et dans le Bassit. Ils sont composés de paquets désordonnés de roches très variées en un même lieu, mais toujours les mêmes sur les divers points. J'en ai trouvé de fossilifères :

1. 1000^m au nord de l'*Ouadi Kandil* et 150^m à l'ouest de la route Lattaquié-Antioche, butte de calcaire tacheté, en bancs minces, gris à gris sombre à la cassure : *Halobia paraceltica* Kittl., *H. norica* Mojs. ou *H. plicosa* Mojs., *Daonella imperialis* Kittl.

Le faciès et la faune sont ceux du calcaire *norien* du Siriuskogl, près d'Ischl (Autriche). Peut-être est-ce de ce lambeau que H. Vetters a tiré *Daonella styriaca* Mojs. à l'Amanus près de Lattaquié.

2. Gebelli, sur la route reliant Cassd el Bigdach (route Lattaquié-Antioche) à Khan el Djoz (route Lattaquié-Alep), calcaire bréchique, marmoréen, blanc, à silicifications roses, *récifal* : *Cladophyllia* cf. *articulata* M. Edw. et Haime *Hydrozoaires.*

Le *Cladophyllia*, déterminé par M. Alloiteau, est une forme de l'Oolithique moyen de l'est de la France; les Hydrozoaires, vus par Mlle Pfender, sont ceux des récifs du Jurassique terminal en Syrie et au Liban. Ces formes et le faciès corallien typique confèrent au lambeau un âge *jurassique supérieur.*

3. Même localité, au-dessus du Jurassique, grès grossier gris, à débris de calcaire, de quartzite et de roches microlithiques, pétri de : *Orbitolina conoïdea-discoïdea* Gras (déterminations J. Pfender et R. Dubertret), *O. bulgarica* Boué, *Pseudolithothamnium album* Pfender, *Archaeolithothamnium belgicum* Fosli (rare) et débris de *Crinoïdes* et d'*Echinodermes.*

Le grès est *aptien*; il est semblable à la formation qui, sous les roches vertes, apparaît dans le Djebel Akra.

Le Trias, le Jurassique et l'Aptien se retrouvent en de nombreux autres lieux. Le Jurassique, blanc ou rose, exploité comme marbre, paraît être étroitement associé à des jaspes rouges, rubannés, intensément plissotés, avec lesquels il a en commun des *Radiolaires* extrêmement abondants et

bien conservés. L'Aptien passe aussi bien à de gros conglomérats qu'à des sédiments très fins.

La grande similitude du Jurassique corallien et de l'Aptien à Orbitolines avec les formations équivalentes du Djebel Akra, des Alaouites et du Liban est remarquable; de même l'absence de matériaux rappelant le Primaire de l'Amanus.

L'apparition d'une série jurassique-turonienne sous les roches vertes, dans le Djebel Akra, l'âge triasique, jurassique et crétacé d'une partie des lambeaux disséminés à la surface de ces roches vertes et leur disposition désordonnée, concourent à montrer que ces lambeaux représentent des brèches tectoniques contemporaines du charriage des roches vertes à partir de leur gisement premier.

OCÉANOGRAPHIE. — *Observations de détail sur la* barre *au Dahomey.* Note [1] de M. **Henry Hubert.**

On sait qu'on désigne sous le nom de barre marine, par analogie avec les barres d'estuaire, une rupture de pente ou un petit bourrelet de sable dont la position ne varie que lentement dans le temps, et qui peut s'observer, sous la mer, à une faible distance du rivage. Par extension, on a donné aussi le nom de *barre* aux phénomènes superficiels qui se produisent sur la côte d'Afrique, au voisinage immédiat de la barre marine.

Le plus constant de ces phénomènes superficiels est le déferlement de la houle, qui a lieu d'ordinaire à une centaine de mètres de la plage, mais peut se manifester beaucoup plus près de celle-ci. Il est connu sous le nom de ressac, et a été maintes fois décrit.

Lorsque la pente du sol sous-marin est relativement faible, il se produit encore, mais plus près du rivage, d'autres phénomènes superficiels importants. Je me propose d'interpréter ici ces derniers, en utilisant une série de croquis que j'ai établis en partant de films cinématographiques que l'Agence Économique de l'Afrique occidentale française a bien voulu mettre à ma disposition. Ces films ont été pris à Ouidah (Dahomey).

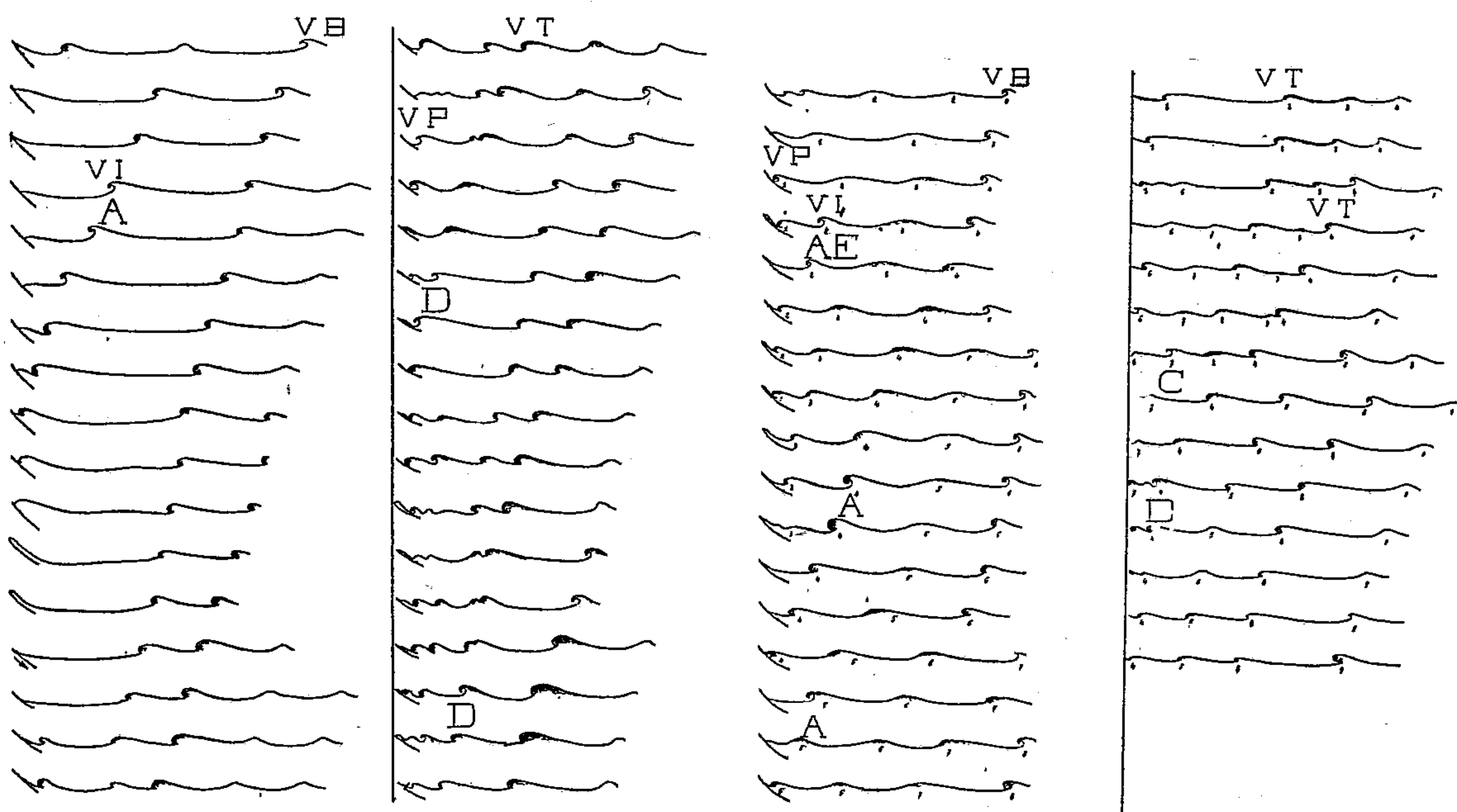
Lorsque la houle a déferlé, l'espèce de chute d'eau que constitue le ressac (volute de barre, VB sur la figure ci-contre), a pour effet de projeter en avant, avec une vitesse qui paraît être de l'ordre de 10 m/sec, le paquet

---

[1] Séance du 18 janvier 1937.

d'eau qui vient de s'écrouler. C'est alors un véritable bourrelet d'écume et d'eau qui se déplace matériellement à la surface de la mer (vague de translation, VT).

Cependant cette vague ne se conserve pas identique à elle-même. Au fur et à mesure de sa progression, elle s'aplatit et diminue de vitesse si bien que, dans de nombreux cas, elle se retransforme peu à peu en une onde régulière, laquelle se propage vers la plage, avec une vitesse de l'ordre de 4-5 m/sec.



Une image toutes les secondes environ. Une image toutes les deux secondes environ.

Cette onde peut parvenir jusqu'au rivage sans donner naissance à des phénomènes particuliers. Il peut arriver aussi que son amplitude augmente rapidement et qu'elle déferle à son tour (volute intermédiaire, VI), par un mécanisme analogue à celui qui produit le déferlement de la houle (A).

Certaines circonstances favorisent d'ailleurs la formation des volutes intermédiaires, par exemple le ralentissement dans la propagation d'une onde précédente, lorsque celle-ci déferle sur la plage. De ce fait, les parties basses et moyennes de l'onde qui vient sont alors retardées dans leur progression, tandis que la partie supérieure de cette onde, dont la vitesse est conservée, déferle facilement (E).

Le déferlement est encore favorisé par la vitesse anormalement grande

que conserve parfois la vague de translation. Celle-ci rattrape alors la vague qui la précède (quelquefois même les deux vagues précédentes) et, par agglomération, forme une onde unique volumineuse particulièrement instable dans sa partie supérieure (D).

Une volute intermédiaire peut encore se former aux dépens d'une onde qui paraît naître et grossir brusquement dans une zone antérieurement plane située entre la volute de barre et la plage (C). Tout porte à croire cependant que cette onde existait précédemment et qu'elle était seulement masquée par suite de sa composition passagère avec une onde de période différente.

Il peut se produire enfin des volutes, dites volutes de plage (VP), qui ont une autre origine que les précédentes. Elles résultent d'actions antagonistes ou d'interférences d'ondes directes, venant du large, et d'ondes réfléchies, venant de la plage. La formation de ces volutes est généralement limitée à une zone très étroite.

CYTOLOGIE VÉGÉTALE. — *Sur le devenir du nucléole pendant la caryocinèse et sur ses rapports généraux avec la chromatine thymonucléique.* Note de M. **Pierre Gavaudan**, présentée par M. Alexandre Guilliermond.

Le rôle du nucléole et son évolution sont loin d'être établis avec certitude, cependant il se dégage des recherches des dernières années auxquelles nous avons apporté notre contribution, un certain nombre de faits sur lesquels nous insisterons dans cette Note en nous appuyant sur des exemples tirés des nouvelles observations que nous avons faites sur divers méristèmes radiculaires; ces derniers ont été fixés au Bouin et au Helly et colorés concurremment par l'hématoxyline, la fuchsine acide après hydrolyse selon Yu et la méthode de Feulgen.

Le nucléole de plusieurs végétaux dits à prochromosomes s'est montré porteur d'un ou de plusieurs micronucléoles. Nous avons déjà attiré l'attention avec Yu Chih-Chen (1) et avec M. Pelletier (2) sur le comportement de ces corpuscules pendant la cinèse. Pour des raisons de commodité nous conserverons pour ce corpuscule le terme de micronucléole; en effet,

(1) Pierre Gavaudan et Yu Chih-Chen, *Bull. Soc. Bot. Fr.*, 57, 1935, p. 3-10.

(2) Pierre Gavaudan, Mme N. Gavaudan et M. Pelletier, *Comptes rendus*, 200, 1935, p. 575.

contrairement à ce que de Zeeuw [1], a indiqué pour divers lupins, nous n'avons pas constaté chez *Lupinus albus* qu'il existât tous les intermédiaires entre les micronucléoles et les nucléoles. Le micronucléole est constant chez *Lupinus albus* et chez divers *Quercus;* cependant il y en a parfois plus d'un chez *Phaseolus*. Dans ces trois cas on peut voir à la métaphase, à un pôle cinétique ou près de la plaque équatoriale, un corpuscule plus résistant à la différenciation que le nucléole. Les phénomènes chez *Lupinus* et *Quercus* sont identiques à ceux que nous avons décrits chez *Phaseolus*, *Æsculus* et *Koehlreuteria* [2] où Eichhorn et Franquet [3] ont aussi noté par la suite cette évolution nucléolaire. Chez diverses cucurbitacées (*Cucurbita maxima*, *Cucumis melo*) on retrouve l'appareil micronucléolaire dont l'étude est rendue délicate par suite de l'importance des corpuscules périnucléolaires Feulgen positifs. Dans tous les exemples précités le macronucléole se divise plus ou moins régulièrement à la métaphase.

Nous avons également étudié des types différents de noyaux auxquels appartiennent *Arum italicum*, *Allium porrum*, *Muscari botryoïdes*. Chez *Arum* on voit souvent à l'un ou aux deux des pôles du fuseau soit un volumineux résidu nucléolaire soit un ou plusieurs corpuscules analogues au micronucléole noté sur ce matériel sur une figure par Pierre Dangeard [4]. Certains résidus nucléolaires sont très nettement éloignés des noyaux en reconstitution à la télophase. Chez *Allium porrum* on rencontre aussi des résidus nucléolaires de taille variable parmi les chromosomes, accolés à eux ou au voisinage des pôles; il existe aussi des résidus télophasiques. Dans *Muscari botryoïdes* nous avons souvent noté l'existence d'un processus de division nucléolaire irrégulière et imparfaite. Le nucléole, comme dans un noyau à prochromosomes, demeure parmi les chromosomes métaphasiques; là il s'étire plus ou moins en massue placée dissymétriquement par rapport au plan de la plaque équatoriale; on le retrouve intact à un stade ultérieur, à un pôle cinétique, sous une forme subglobuleuse. Il y a aussi des aspects de division plus régulière et d'autre part des micronucléoles sont parfois présents. Chez *Scilla peruviana* et *Scilla sibirica* nous avons aussi quelquefois observé de petits résidus nucléolaires métaphasiques, ce qui nous auto-

---

(1) J. de Zeeuw, *La Cellule*, 43, fasc. 3, 1936, p. 389-410.

(2) Pierre Gavaudan et Yu Chih-Chen, *Centrosomes et extrusions chromatiques chez les Angiospermes*, Paris, 1936, p. 27.

(3) A. Eichhorn et R. Franquet, *Comptes rendus*, 202, 1936, p. 1609.

(4) Pierre Dangeard, *Comptes rendus*, 202, 1936, p. 1296.

rise à penser qu'on doit trouver chez ces végétaux une évolution analogue.

Les rapports entre chromosomes et nucléoles ne sont pas limités à cet étroit contact de la contraction prométaphasique des noyaux à prochromosomes. Dans un grand nombre de cas on peut noter des adhérences de la chromatine thymonucléique comparables à celles qui ont été étudiées par E. Heitz (1) dans de très nombreux végétaux et retrouvées dans plusieurs cas par Pierre Dangeard (2) et par nous-mêmes (3). Chez *Lupinus albus*, *Cucumis melo*, *Phœnix dactylifera*, *Allium porrum*, on rencontre fréquemment des corpuscules Feulgen positifs sur le ou les nucléoles des noyaux interphasiques ou quiescents. Ces corpuscules peuvent être en liaison avec la paroi nucléaire; d'ailleurs l'excentricité des nucléoles, lorsqu'elle existe, n'a sans doute pas d'autre cause qu'un phénomène d'adhérence à la chromatine thymonucléique. Les adhérences deviennent de plus en plus visibles au cours du vieillissement du noyau; les prochromosomes ou chromocentres les plus volumineux étant accolés au nucléole, ou dans son voisinage immédiat.

En résumé :

1° Le nucléole, toujours très amœboïde à la prophase, manifeste une tendance souvent très irrégulière à la division. Des résidus nucléolaires divers s'observent fréquemment pendant la cinèse [voir R. Schaede (4), G. Yamaha et S. Suematsu (5) qui ont donné une longue liste de végétaux].

2° L'importance des relations entre nucléoles et chromosomes réside surtout dans l'attraction ou l'adhésivité spéciales que manifeste le nucléole vis-à-vis de certains corpuscules Feulgen positifs.

---

(1) *Planta*, **18**, 1932, p. 571-635.

(2) *Comptes rendus*, **199**, 1934, p. 1444.

(3) Pierre Gavaudan, *C. R. Soc. Biol.*, **121**, 1936, p. 1072; Pierre Gavaudan et M. Pelletier, *C. R. Soc. Biol.*, **121**, 1936, p. 1329.

(4) *Protopl.*, **5**, 1929, p. 41-53.

(5) *Sci. Rep. of Tokyo Bot. Inst.*, **46**, 1936, p. 21-34.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Tumeurs à caractères néoplasiques formées sur les plantes par l'action de l'acide β-indolylacétique*. Note de MM. **Theodor Solacolu** et **Démètre Constantinesco**, présentée par M. Alexandre Guilliermond.

Nous avons déjà étudié ([1]) l'action de l'acide β-indolylacétique, en solution aqueuse diluée, sur les plantules de *Phaseolus vulgaris* développées aseptiquement dans une solution glucosée. Dans la Note présente se trouvent les résultats de nouvelles expériences que nous avons faites sur des exemplaires d'*Abutillon avicennæ* Gr. de *Ricinus communis* L. et de *Helianthus annuus* L. afin de déterminer l'action combinée de l'acide β-indolylacétique en solution et sous forme de pâte ([2]).

La solution a été introduite dans la région médullaire de la tige à l'aide d'un tube de verre, d'une capacité d'environ 2^{cm^3}, dont la pointe effilée pénétrait dans cet organe sous un angle de 45°. Pour *Abutillon avicennæ* Gr., nous avons choisi une série d'exemplaires dont l'âge variait de 2 à 3 mois. La solution d'acide β-indolylacétique a été injectée soit dans les entre-nœuds inférieurs, soit dans les entre-nœuds supérieurs. La région entourant l'endroit de pénétration du tube a été enduite d'une mince couche de pâte. Les premiers 5 jours, on a fait des injections avec une solution à 0,10 pour 100; on a continué pendant 15 autres jours avec la solution à 0,20 pour 100. Six à huit jours après le début de l'expérience, tous les individus traités de cette manière présentaient un petit renflement au niveau de la piqûre et une excroissance entourant l'endroit de pénétration du tube. Petit à petit, le renflement et l'excroissance grossissaient et parfois quelques radicelles se formaient sur les bords de la plaie (*fig.* 1). Nous avons observé que ces phénomènes étaient moins visibles sur les individus injectés dans les entre-nœuds inférieurs. De même, le renflement et l'excroissance formés sur un jeune entre-nœud cessaient leur développement à mesure que l'entre-nœud vieillissait. Dans des conditions identiques, les témoins n'ont présenté qu'une simple cicatrice.

Des expériences semblables ont été entreprises sur de jeunes plantes

([1]) *Comptes rendus*, 203, 1936, p. 437-439.

([2]) F. Laibach, *Ber. deutsch. Bot. Gesell.*, 53, 1935, p. 359.

(25 à 30 jours) de *Ricinus communis* L. et *Helianthus annuus* L. Nous avons constaté aussi la formation d'une tumeur autour de la piqûre et, 30 à 40 jours après l'injection et l'application de la pâte, l'apparition de nombreuses radicelles (*fig.* 1, 2, 3).

L'examen de ces tumeurs au microscope montre que le cambium fonctionne d'une façon anormale : en effet, il présente, par endroits, des cellules géantes et prend un développement sinueux. En outre nous avons remarqué la présence de nodules dans l'écorce et dans la moelle. Les nodules de l'écorce sont formés par des vaisseaux de bois, du parenchyme ligneux et des cordons cambiaux, tandis que ceux de la moelle sont constitués par un méristème secondaire qui produit successivement, vers l'exté-



1 2 3

Tumeurs provoquées :
1, *Abutillon avicennæ* Gr.; 2, *Ricinus communis* L.; 3, *Helianthus annus* L (sect. longitud).

rieur, un parenchyme ligneux et des trachéides. On voit aussi de rares nodules ligneux en forme d'éventail ([1]). Assez souvent dans la moelle et dans l'écorce de ces tumeurs, on observe la formation de radicelles diversement orientées. Enfin il faut signaler une réaction, particulière au Ricin, à savoir un développement important du pigment anthocyanique dans la moelle, non seulement au niveau de la piqûre, mais tout le long de l'entre-nœud injecté.

([1]) Sorauer, *Hanbuch der Pflanzenkrank*, 1, 1909, p. 851.

Ces faits permettent donc de conclure que, dans les conditions de nos expériences, l'acide β-indolylacétique est capable de produire, chez les végétaux, des modifications anatomo-pathologiques semblables à celles produites par certaines substances à action néoplasique.

EMBRYOGÉNIE VÉGÉTALE. — *Embryogénie des Dipsacacées. Développement de l'embryon chez le* Scabiosa Succisa *L.*. Note de M. **René Souèges**, présentée par M. Pierre-Augustin Dangeard.

L'axe de la première division nucléaire, chez le *Scabiosa Succisa*, est transversal et la cloison qui suit, légèrement inclinée sur la verticale, sépare deux cellules juxtaposées quelque peu inégales : l'une *b* (*fig.* 2), comprenant le pôle inférieur de l'œuf, correspond à la cellule basale, l'autre *a*, à la cellule apicale du proembryon bicellulaire. Cette segmentation, à direction longitudinale, observée pour la première fois au cours de mes recherches [1], constitue le fait le plus important de l'histoire embryogénique du *Scabiosa Succisa*. Il commande tous les autres processus du développement; de lui dépend, aux stades ultérieurs, toute l'organisation du corps embryonnaire.

Les divisions suivantes sont normales à cette première cloison et donnent une tétrade dont les quatre éléments sont disposés, parfois dans un plan vertical (*fig.* 5), le plus souvent en tétraèdre (*fig.* 4). Après constitution du proembryon quadricellulaire, il est difficile de suivre la marche exacte de la segmentation. En 8, les quatre éléments d'une tétrade du type 5 se sont cloisonnés, à peu près transversalement, pour donner huit éléments distribués en quatre étages. Mais, le plus souvent, les cloisons sont obliques, orientées en tous sens, prenant insertion sur la membrane périphérique et venant tomber, au voisinage du centre, sur l'une ou l'autre des parois précédentes. Les quatre éléments de la tétrade, *c* et *d*, produits par *a*, et *e* et *f*, issus de *b*, représentent des quadrants de la cellule embryonnaire; ils donnent naissance à des groupes cellulaires qui restent longtemps assez distincts, quoiqu'on ne puisse déterminer avec précision comment procède la segmentation dans chacun d'eux. On voit cependant très bien comment les formes, représentées de 9 à 16, se rattachent à l'un ou à l'autre des deux types de tétrade : en 9, par exemple, le quadrant *e* a produit trois cellules,

---

[1] M. Treub, en 1883, chez le *Loranthus sphærocarpus* (*Ann. jard. Bot. Buitenzorg*, 3, 1883, p. 1-12; 2, 1885, p. 54-76); D. H. Campbell, en 1889 (*Ber. deutsch. Bot. Gesell.*, 17, 1899, p. 452; *An. of Bot.*, 13, 1899, p. 626), et D. S. Johnson, en 1900 (*Bot. Gaz.*, 30, 1900, p. 1), chez le *Peperomia pellucida*, avaient déjà remarqué la position verticale de la première cloison.

tandis que les quadrants *c*, *d* et *f* n'en ont encore engendré que deux; en 10, on compte deux éléments issus de *d*, trois issus des autres quadrants; dans les figures 11 à 16 le nombre des éléments produits par chacun des quadrants varie de deux à cinq. Aux stades des figures 17 à 27, il est assez facile de délimiter les groupes cellulaires tirant origine de *c*, *d*, *e* ou *f*, mais le nombre des éléments constitutifs de chaque groupe et

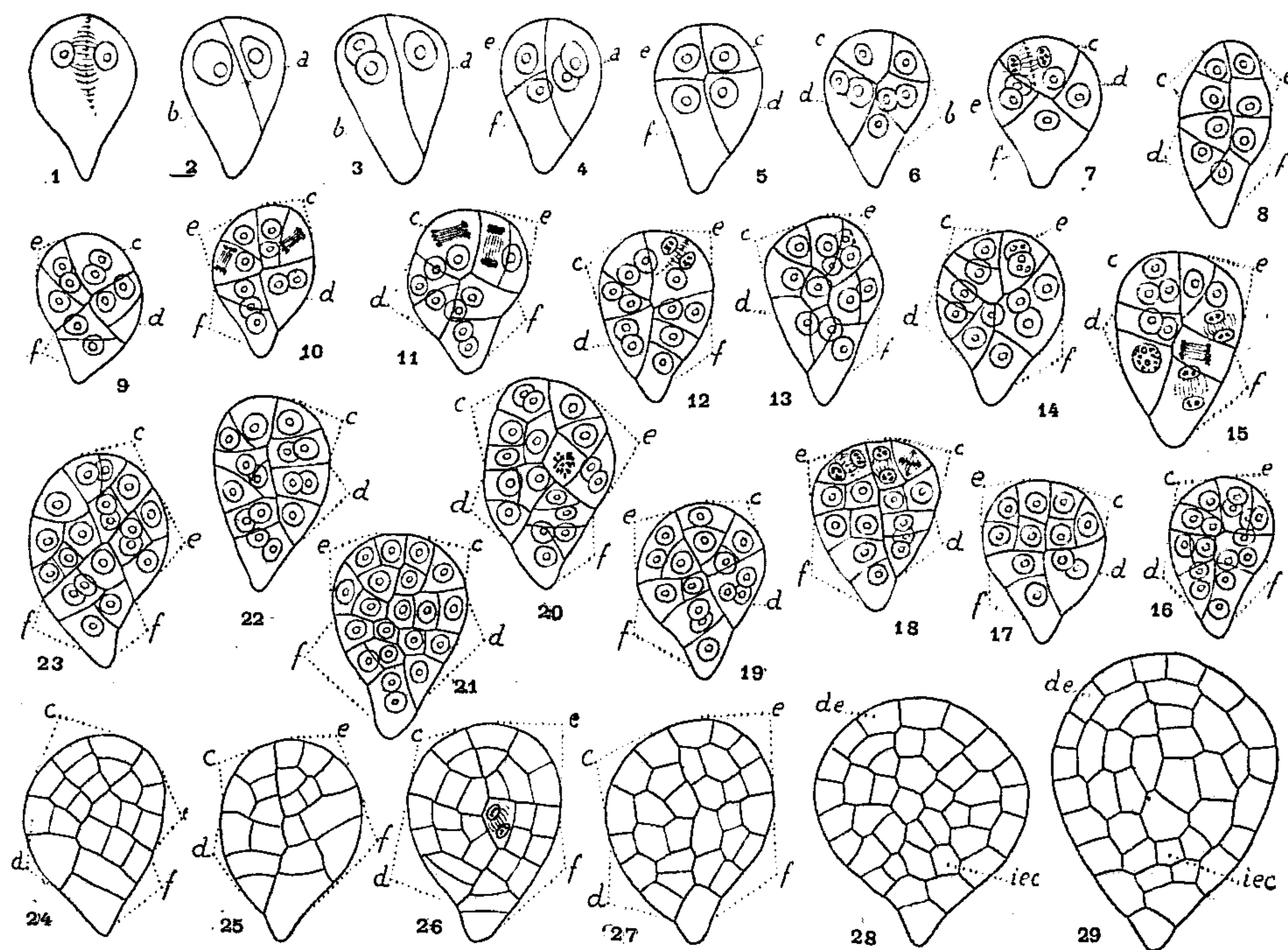


Fig. 1 à 29. — *Scabiosa Succisa* L. — Les principaux termes du développement de l'embryon. *a* et *b*, les deux premiers blastomères correspondant à la cellule apicale et à la cellule basale du proembryon bicellulaire; *c* et *d*, blastomères issus de *a* ou groupes cellulaires qui en dérivent; *e* et *f*, blastomères issus de *b* ou groupes cellulaires auxquels ils donnent naissance; *de*, dermatogène; *iec*, initiale de l'écorce de la racine. G. = 290.

la direction des parois de segmentation ne peuvent être déterminés de manière précise.

Il n'est pas douteux que les groupes *c* et *e* contribuent surtout à la construction de la partie cotylée, que les groupes *d* et *f* donnent la partie hypocotylée, que les éléments les plus inférieurs de *f*, en outre, produisent le primordium de la coiffe et le suspenseur. Le dermatogène se différencie, à la périphérie de l'embryon, au terme seulement de la vie proembryonnaire; le périblème et le plérome ne se séparent qu'après l'apparition des protubérances cotylédonaires.

C'est évidemment à l'embryon du *Valerianella olitoria* (1) que peut être

(1) R. Souèges, *Comptes rendus*, **176**, 1923, p. 1081.

le plus étroitement comparé celui de la Scabieuse. Tous les deux présentent mêmes formes globuleuses proembryonnaires, mêmes directions obliques des parois, mêmes irrégularités de construction, mêmes difficultés d'interprétation. Cependant, chez le *Valerianella,* la première cloison est généralement transversale et la plupart des formes, à quatre, huit et même seize cellules, rappellent, par leur construction régulière, celles que l'on rencontre chez le *Senecio vulgaris* [1].

ZOOLOGIE. — *La rupture expérimentale de la diapause chez le Carpocapse ou « ver des pommes »* (Laspeyresia pomonella *L.*). Note de M. **Alfred Balachowsky**, présentée par M. Paul Marchal.

Dans les conditions naturelles la diapause du Carpocapse, qui se manifeste invariablement chez les chenilles au terme de leur croissance (cinquième stade larvaire), se prolonge sur une très longue période qui est d'environ 10 mois pour le cycle à une génération annuelle (dominant en Europe tempérée) et seulement 8 à 9 mois pour le cycle à deux générations (dominant en Europe méridionale et dans la région méditerranéenne).

Dans la région parisienne, où le cycle normal du Carpocapse est d'une seule génération, les chenilles sont complètement développées dans les fruits dès le début du mois de juillet, mais, au lieu de se nymphoser et de donner des papillons, ces chenilles tissent immédiatement leur *hibernaculum* et entrent en diapause jusqu'à la fin du mois d'avril suivant. La reprise du développement de l'insecte ne se manifeste donc dans les conditions naturelles que 10 mois plus tard. La diapause chez *Laspeyresia pomonella* doit être considérée comme un phénomène normal faisant partie de son cycle évolutif.

Il ne nous a pas été possible de mettre en évidence, jusqu'ici, quels pouvaient être les facteurs déterminants de cette diapause; ils apparaissent comme fort complexes. Par contre, nous avons réussi, au cours de nos recherches, à rompre cette diapause par la voie expérimentale.

La rupture de la diapause s'obtient chez Laspeyresia pomonella *par un séjour à basse températures des chenilles, suivi immédiatement d'un séjour à température élevée. La rupture du phénomène est déterminée par ce choc thermique.*

Un lot de chenilles en diapause, comprenant 76 individus, fut prélevé le 2 décembre 1936 dans le verger de l'École nationale d'Agriculture de

(1) R. Souèges, *Comptes rendus*, 171, 1920, p. 254 et 356.

Grignon et soumis à une *température continue* de —4° C. pendant une période de 8 jours (du 4 au 11 décembre 1936), ce lot fut soumis immédiatement après à une température de — 10°C. pendant une nouvelle période de 8 jours (du 11 au 18 décembre 1936), soit au total un séjour de 15 jours à une température inférieure à 0°C.

Sans aucune interruption ces chenilles ont été placées, au sortir de l'armoire frigorifique, dans une étuve à une température constante de + 25°C. Le 3 janvier 1937, c'est-à-dire après un passage de 16 jours à cette dernière température, toutes les chenilles se sont nymphosées, *la diapause était donc rompue.*

Cette nymphose fut presque simultanée pour tous les individus du lot mis en expérience.

Le 13 janvier, les nymphes, toujours soumises à + 25°C., donnèrent des papillons, normalement constitués. Cette éclosion s'est prolongée pendant 2 jours et fut également d'une grande régularité, comprenant des individus des deux sexes ([1]).

Pendant toute la durée de l'expérience, une humidité relative de 75 pour 100 fut maintenue dans l'élevage.

La mortalité constatée au cours de l'expérience n'a pas excédé 20 pour 100, ce qui est un chiffre tout à fait normal, souvent dépassé dans les conditions naturelles. Dans les lots témoins, c'est-à-dire soumis sans interruption à la température de + 25° C., depuis le 2 décembre jusqu'au 15 janvier, aucune chenille ne s'est nymphosée et la diapause n'a pas été rompue. Dans ces mêmes conditions nous avons soumis en 1936 un lot de chenilles à la température constante de 28° C. pendant 90 jours sans avoir réussi à déclencher la diapause. Le choc thermique paraît donc indispensable à la manifestation du phénomène.

La rupture de la diapause du Carpocapse permet donc désormais d'obtenir des élevages continus en toute saison, ce qui peut faciliter considérablement les recherches biologiques se rapportant à cet insecte.

Nous avons démontré ici que la rupture de la diapause du Carpocapse est sous la dépendance exclusive de facteurs externes. Il est donc difficile d'admettre l'existence, chez cet insecte, de races dites *infatigables* au sens qu'en a donné Roubaud pour *Lucilia sericata* Meig. ([2]).

([1]) Dans la nature il y a toujours proterandrie, celle-ci ne s'est pas manifestée dans les conditions expérimentales.

([2]) E. Roubaud, *Comptes rendus*, 193, 1931, p. 204-205; *Livre du centenaire de la Société Ent. de France*, Paris, 1932, p. 213-224.

PHYSIOLOGIE COMPARÉE. — *Influence des* points de chauffe *présentés par les ailes des Lépidoptères diurnes exposés aux radiations solaires sur la puissance du vol de ces Insectes.* Note de M. **Gabriel Guignon** et Mlle **Anne Raffy**, présentée par Paul Portier.

L'un de nous a montré ([1]) comment les radiations lumino-calorifiques solaires peuvent déterminer dans les ailes de Lépidoptères diurnes des points à températures nettement différentes ou *points de chauffe*.

La présente Note a pour but d'établir, par confrontation de résultats obtenus par ses auteurs dans des domaines différents, la répercussion de ces *points de chauffe* sur la puissance du vol de ces Insectes, et en particulier d'expliquer la variation sinon instantanée tout au moins rapide de cette puissance lorsque le soleil se trouve subitement couvert ou découvert par les nuages.

Nous avons étudié l'influence d'une élévation progressive de la température, d'une part ([2]) sur les échanges respiratoires des Lépidoptères, d'autre part ([3]) sur les vitesses d'intoxication de ces mêmes Insectes par nicotinisation des ailes (la vitesse d'intoxication est l'inverse du temps de latence d'intoxication, c'est-à-dire du temps qui s'écoule entre le dépôt de la solution de nicotine sur l'aile et le début de la crise convulsivante). Pour les mêmes espèces, et dans des conditions opératoires analogues, les courbes obtenues et rapportées ci-contre sont, sinon superposables, tout au moins de même allure.

Donc une élévation de température, en même temps qu'elle accroît le volume d'oxygène offert aux tissus et par suite le volume de CO^2 dégagé, en un mot les échanges gazeux, augmente de la même manière, la vitesse de circulation du sang de l'aile.

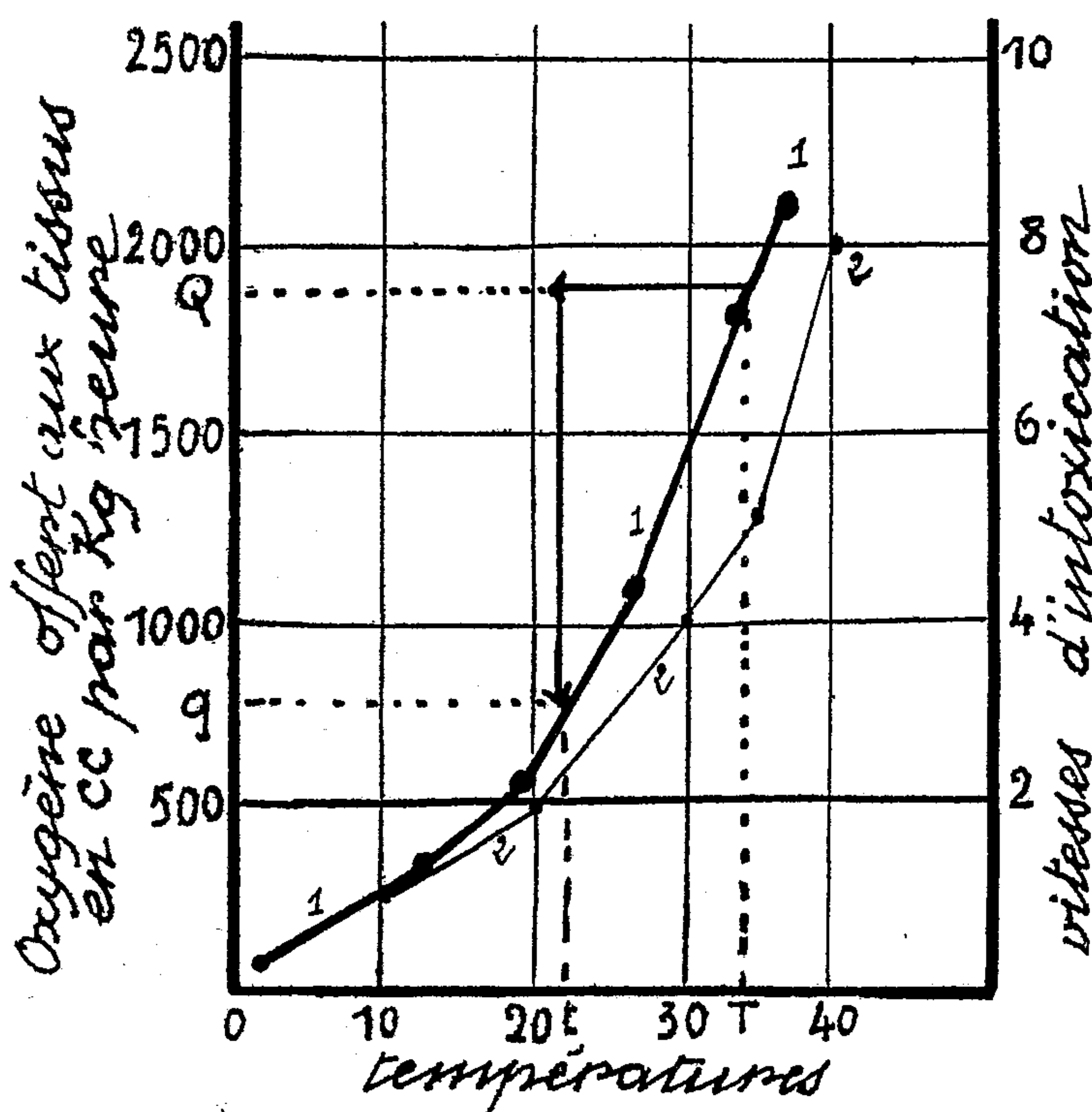
Circulation sanguine et circulation gazeuse sont donc, dans l'aile, deux phénomènes parallèles, concomitants, soumis étroitement tous les deux à l'influence de la température.

Supposons qu'au moment où le soleil brille, la *température moyenne de l'aile* soit T°. La consommation correspondante d'oxygène par les muscles

([1]) Gabriel Guignon, *Comptes rendus*, 203, 1936, p. 1186-1188.
([2]) Anne Raffy, *Annales de Physiologie*, 10, 1934, p. 437-452.
([3]) Gabriel Guignon, recherches en cours.

moteurs des ailes est Q. Elle permet des contractions violentes et répétées de ceux-ci, donc un vol puissant et soutenu de l'Insecte.

Au moment précis où le soleil est caché par les nuages, la température moyenne de l'aile tombe *rapidement* (*mais non instantanément*) à t°, ce qui ne permet plus, dans le même temps, qu'un approvisionnement en oxygène des muscles alaires que nous représenterons par q. Devant cette déficience en O^2, les contractions des ailes deviennent moins rapides, moins violentes.



Influence d'une élévation progressive de température sur le Lépidoptère (*Papilio Machaon*). Courbe 1 : sur les échanges respiratoires des Lépidoptères (A. Raffy); courbe 2, sur la vitesse d'intoxication par la nicotine (G. Guignon).

Si t° est notablement inférieure à T°, il en résulte, pour l'Insecte, l'impossibilité de voler, tout au moins pendant un certain temps.

Inversement, si nous considérons le Papillon posé sur une fleur, ou une prairie, par soleil caché et dont les caractéristiques sont t° et q, quand le soleil reparaît et porte rapidement la température des ailes à T°, la quantité d'O^2 mise à la disposition des muscles moteurs alaires passe subitement de

q à Q, alors que les besoins de ceux-ci ne s'élèvent que progressivement. Le vol redevient donc possible.

C'est donc en quelque sorte la dysharmonie, le déséquilibre entre les besoins en oxygène des muscles alaires et la quantité d'oxygène que les ailes peuvent mettre à leur disposition qui nous explique ces phénomènes si curieux. Comme ce déséquilibre n'est *pas instantanément maximum*, nous comprenons que l'insecte ne tombe pas immédiatement dès que le soleil se cache, pas plus qu'il ne repart instantanément dès que celui-ci brille à nouveau.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Sur l'identification du pigment élaboré par le bacille diphtérique*. Note [1] de M. **Mladen Paić**, présentée par M. Georges Urbain.

Le bouillon dans lequel a végété le bacille diphtérique présente une bande intense à 4080 Å [2] (*fig*. 2, 1). L'extrait éthéré, contenant une faible quantité d'acide acétique, montre une bande forte à 4080 Å et une bande plus ou moins nettement visible à 3980 Å (*fig*. 2, 2). En agitant cet extrait éthéré avec HCl à 5 pour 100, la bande à 4080 Å disparaît et, en phase éthérée, il ne reste que la bande à 3980 Å et une très faible bande à 4110 Å (*fig*. 2, 4). En phase chlorhydrique on trouve une seule bande intense à 4035 Å (*fig*. 2, 3).

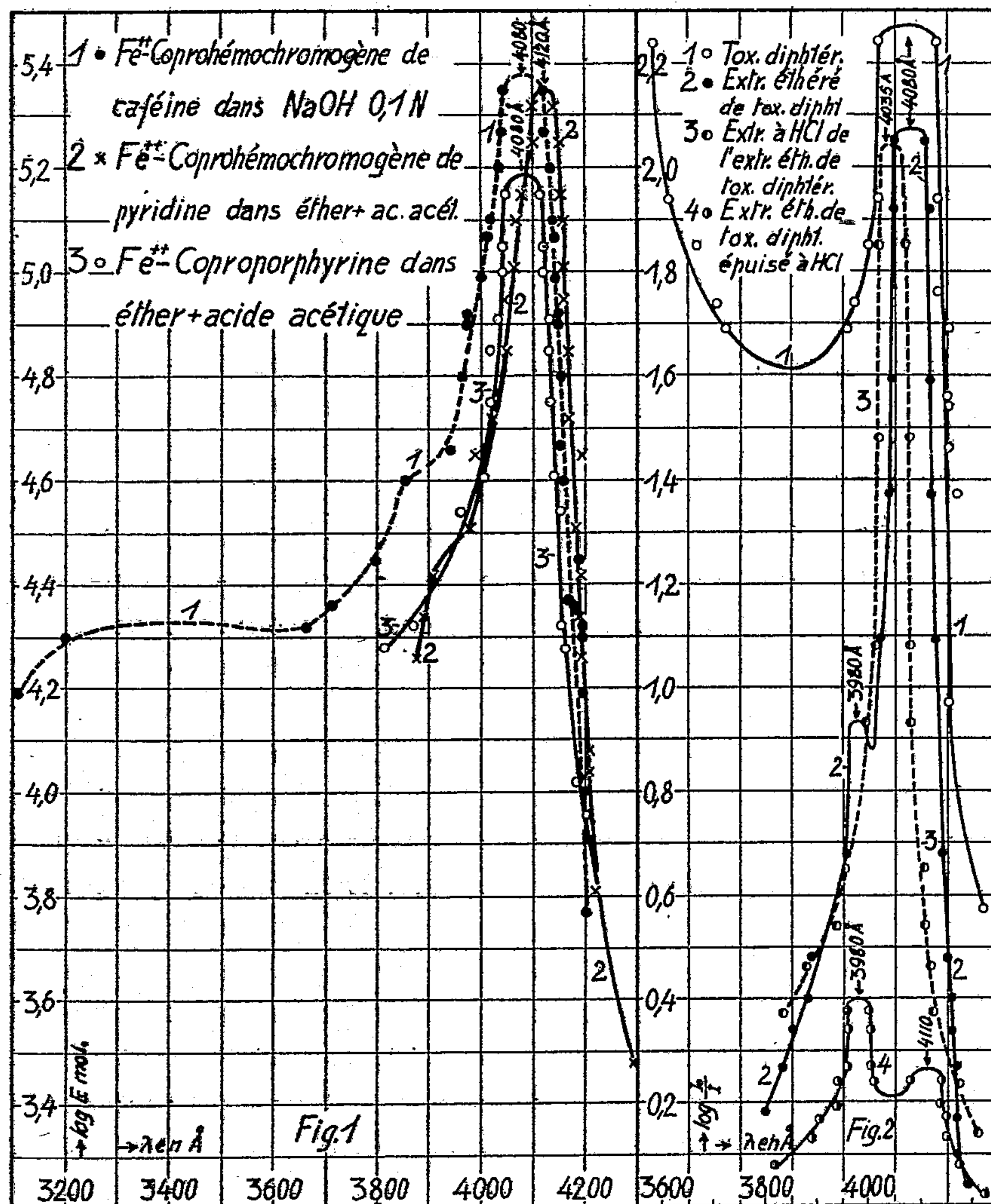
L'étude des spectres d'absorption ultraviolets de la coproporphyrine et de quelques-uns de ses complexes métalliques dans différents solvants [3] a permis d'identifier toutes ces bandes, à l'exception de la très faible bande à 4110 Å. L'absorption à 4080 Å du bouillon toxine provient d'un copro-

(1) Séance du 11 janvier 1937.

(2) Communication privée de Campbell-Smith à Coulter et Stone : *J. Gen. Physiol.*, 14, 1931, p. 583; C. Levaditi, G. Loiseau, M. Paić, M. Philippe et P. Haber, *C. R. Soc. Biol.*, 116, 1934, p. 609; M. Paić et M. Philippe, *Comptes rendus*, 200, 1935, p. 175; F. Ottensooser, A. Krupski, F. Almasy, *Biochem. Z.*, 277, 1935, p. 314; F. Wadsworth, M. O'L. Crowe et L. A. Smith, *Brit. J. Exp. Path.*, 16, 1935, p. 201; M. W. Wheeler et M. O'L. Crowe, *J. of Bact.*, 3, 1936, p. 519.

(3) M. Paić, *Comptes rendus*, 203, 1936, p. 933.

hémochromogène, car le coprohémochromogène de pyridine (*loc. cit.*), aussi bien que celui de caféine (*fig.* 1, 1), donnent la même bande. L'absorption intense à 4080 Å de l'extrait éthéré du bouillon toxine corres-



pond au complexe ferreux de la coproporphyrine (*fig.* 1, 3). Ce complexe provient du coprohémochromogène décomposé lors de l'extraction. Cette décomposition permet d'affirmer que la base azotée, liée à la coproporphyrine pour donner le coprohémochromogène, ne peut pas être la pyridine,

car le coprohémochromogène de pyridine peut être extrait à l'éther-acide acétique sans décomposition et donne une bande à 4120 Å (*fig.* 1, 2). Par contre il est très probable que la base azotée en question soit une purine, la solution de coprohémochromogène de caféine se comportant, lors de l'extraction à l'éther-acide acétique, comme le coprohémochromogène trouvé dans la toxine. La bande à 3980 Å, que l'on remarque le plus souvent déjà dans l'extrait éthéré du bouillon toxine et qui est parfaitement nette dans la phase éthérée épuisée à HCl (*fig.* 2, 4), provient du complexe de cuivre de la coproporphyrine (*loc. cit.*). La bande à 4035 Å, trouvée dans la phase chlorhydrique correspond à la coproporphyrine I, provenant de la destruction du complexe ferreux de coproporphyrine lors de l'agitation de l'extrait éthéré avec HCl.

C'est la coproporphyrine comme telle qui est caractéristique du bacille de Lœffler toxigène. La forme sous laquelle on la retrouve dans le bouillon toxine dépend des quantités plus ou moins grandes de sels ferreux, cuivriques et de bases puriques que contient le bouillon initial. En effet, si l'on ajoute au bouillon non ensemencé de la coproporphyrine et si on laisse le mélange plusieurs jours à la glacière, ou si on le chauffe plusieurs minutes à 80°C., on obtient la bande à 4080 Å trouvée dans le bouillon ensemencé. Dans l'extrait à l'éther-acide acétique de ce mélange, avant et après épuisement à l'acide chlorhydrique, on retrouve également les bandes signalées dans les extraits correspondants du bouillon toxine.

En résumé, dans le bouillon toxine diphtérique, on trouve du coprohémochromogène, dont la base azotée est très probablement une purine, et du complexe de cuivre de coproporphyrine. L'extrait éthéré contient du complexe ferreux de coproporphyrine, provenant du coprohémochromogène, du complexe de cuivre et une faible quantité d'une combinaison de coproporphyrine non identifiée. Ces résultats sont en partie en contradiction avec ceux de Coulter et Stone (*loc. cit.*), qui ont le mérite d'avoir les premiers identifié la coproporphyrine dans la toxine diphtérique, mais qui pensent qu'elle s'y trouve sous forme d'une nouvelle porphyrine *complexe*, contenant dans sa molécule de la coproporphyrine, du cuivre et du fer. Ils sont également en contradiction avec le travail de Ottensooser et ses collaborateurs (*loc. cit.*), qui croient que le pigment élaboré par le bacille diphtérique soit un hémochromogène de hématine.

SÉROLOGIE. — *Sur une propriété de la protéine visqueuse des sérums syphilitiques.* Note (1) de M. **Maurice Doladilhe**, présentée par M. Félix Mesnil.

A. Vernes (2) a réussi à séparer, du floculat engendré par un sérum syphilitique et le colloïde péréthynol, une substance qui possède la propriété de communiquer à un sérum humain normal les caractères sérologiques de floculation d'un sérum syphilitique.

Nos expériences nous ont montré que cette substance doit se localiser dans la protéine visqueuse dont tout récemment nous avons indiqué une des techniques de séparation (3). En effet, lorsqu'on isole cette protéine d'un sérum syphilitique et qu'on la mélange à un sérum normal, elle lui confère les propriétés floculantes d'un sérum syphilitique. Par contre ce fait ne se produit pas si la protéine visqueuse provient d'un sérum humain normal.

Ces expériences ont été conduites de la façon suivante :

La protéine visqueuse, tirée d'un volume *v* de sérum, est dispersée dans un égal volume d'un sérum humain normal. Ce sérum normal avec et sans la protéine, ainsi que le sérum dont provient cette protéine, sont soumis aux séro-réactions de floculation de Meinicke et de Kahn.

Le tableau donne un exemple des résultats fournis par une série d'expériences au cours desquelles on a utilisé la réaction de Meinicke.

Expériences.	Sérum normal pur.	Sérum normal additionné de protéine visqueuse.	Sérum dont provient la protéine.
I.......	pas de floculation	pas de floculation	pas de floculation
II......	id.	floculation en 18 heures	floculation en 24 heures
III.....	id.	floculation en 3 heures	floculation en 5 heures
IV.....	id.	floculation en 9 heures	floculation en 12 heures
V......	id.	pas de floculation	pas de floculation
VI.....	id.	pas de floculation	pas de floculation
VII.....	id.	floculation en 15 heures	floculation en 24 heures

Ces faits montrent bien que la substance qui communique à un sérum

(1) Séance du 11 janvier 1937.

(2) *Comptes rendus*, 203, 1936, p. 684.

(3) Doladilhe, *Comptes rendus*, 203, 1936, p. 1295.

syphilitique les caractères de floculation, permettant de le différencier *in vitro* d'un sérum non syphilitique, se localise dans la protéine visqueuse.

Cette protéine doit jouer un rôle important en relation avec certaines propriétés immunologiques des sérums sanguins.

TOXINES BACTÉRIENNES. — *Sur la nature et les propriétés biologiques des toxines produites par le bacille de Shiga et par le bacille de Flexner.* Note de M. **André Boivin** et Mme **Lydia Mesrobeanu**, présentée par M. Félix Mesnil.

Depuis les recherches de Vaillard et Dopter (1903), on sait que l'action toxique du bacille de Shiga s'exerce à la fois sur l'intestin et sur le système nerveux des animaux. Mais les opinions diffèrent beaucoup sur le point de savoir si l'on est en présence d'un seul principe toxique ou bien, au contraire, de deux principes toxiques distincts, l'un à action purement entérotrope, l'autre à action purement neurotrope. La plupart des auteurs, remarquant que les filtrats des cultures sur bouillon et les filtrats des autolysats de corps bactériens donnent les mêmes symptômes chez l'animal (diarrhée et paralysies), concluent à la production d'une seule toxine par le bacille de Shiga. Pourtant Olitsky et Kligler [1] ont prétendu, en 1920, être parvenus à caractériser, par leur résistance à la chaleur et par leur action sur l'animal, deux toxines distinctes : une endotoxine thermostable et entérotrope et une exotoxine thermolabile et neurotrope. Les résultats d'Olitsky et Kligler n'ont pas été confirmés par les chercheurs qui ont repris la question depuis 1920.

Appliquant au bacille de Shiga nos techniques personnelles à l'acide trichloracétique, pour l'isolement chimique des endotoxines [2] et des exotoxines [3], nous avons pu démontrer le bien-fondé des conclusions d'Olitsky et Kligler.

Dans des publications antérieures [en collaboration avec Calalb [4]], nous avons montré que, par la technique à l'acide trichloracétique, on peut

---

(1) *Journ. exp. Med.*, **31**, 1920, p. 19.

(2) A. Boivin et L. Mesrobeanu, *Rev. Immunologie*, **1**, 1935, p. 553.

(3) A. Boivin, *Comptes rendus*, **103**, 1936, p. 284; A. Boivin et Y. Izard, *C. R. Soc. Biol.*, **124**, 1937, p. 25.

(4) L. Mesrobeanu et G. Calalb, *C. R. Soc. Biol.*, **122**, 1936, p. 496 et 497.

extraire des corps bactériens du bacille de Shiga « smooth » un complexe glucido-lipidique thermostable, qui représente l'antigène somatique O *complet* de la bactérie et qui est toxique; injecté à la souris, il ne provoque aucune paralysie, mais déclenche, par contre, de la diarrhée et, à la dose de 1/10e de milligramme, il tue l'animal en un à deux jours. Cet antigène glucido-lipidique répond certainement à l'endotoxine entérotrope d'Olitsky et Kligler. Il n'existe pas dans la forme « rough » du bacille de Shiga.

Cultivons maintenant des bacilles de Shiga smooth sur bouillon, à pH = 8, pendant une à deux semaines et filtrons sur bougie L3. Le filtrat, traité à pH = 3,5 par de l'acide trichloracétique, donne un précipité qui, redissous dans du carbonate de sodium N/100, se montre nettement toxique pour la souris (injection intraveineuse) : l'animal ne présente pas de diarrhée, mais il montre des paralysies des membres postérieurs et, pour une dose correspondant au minimum à quelques centièmes de centimètre cube du filtrat, il meurt en trois à six jours. Il s'agit d'un principe toxique purement neurotrope pour la souris, qui est détruit par chauffage à 100°, qui est inactivé par la trypsine (c'est donc une protéine ou une substance d'ordre voisin), qui flocule avec le sérum antidysentérique de l'Institut Pasteur et qui ne donne aucune précipitation avec le sérum antibactérien Shiga smooth. Ce principe toxique répond, sans aucun doute, à l'exotoxine neurotrope d'Olitsky et Kligler. Après s'être débarrassé de cette exotoxine, par l'acide trichloracétique, on peut isoler du filtrat (par dialyse suivie de précipitation acétonique) une petite quantité d'antigène glucido-lipidique, avec toutes ses propriétés chimiques et biologiques habituelles et en particulier avec son action entérotoxique marquée. Cet antigène provient certainement des corps bactériens, dont l'autolyse s'est poursuivie activement en milieu alcalin (pH = 8). En effet, si l'on effectue la culture du bacille de Shiga sur un bouillon de pH = 7,2, on ne trouve pratiquement plus d'antigène glucido-lipidique, en adjonction à l'exotoxine neurotrope, laquelle est du reste beaucoup moins abondante qu'à pH = 8. Si l'on cultive la forme rough du bacille de Shiga sur bouillon, on ne peut déceler dans le filtrat que de l'exotoxine neurotrope, car les corps bactériens de la forme rough sont totalement dépourvus d'antigène glucido-lipidique. Dans les mêmes conditions de culture, nous avons vu les deux formes smooth et rough produire sensiblement la même quantité d'exotoxine.

Appliquant les mêmes techniques au bacille de Flexner, nous avons pu

caractériser, dans les corps bactériens de la forme smooth, un antigène glucido-lipidique thermostable et entérotoxique (endotoxine entérotrope) [1], mais, par contre, nous n'avons pu déceler aucune trace d'exotoxine neurotrope dans les filtrats des cultures sur bouillon.

Endotoxine glucido-lipidique entérotrope et exotoxine, de nature vraisemblablement protéique et neurotrope, ne représentent pas les seuls principes toxiques des bacilles dysentériques. Les corps bactériens de forme rough, dépourvus d'antigène glucido-lipidique, contiennent une protéine toxique qui résiste au chauffage à 100°, mais se détruit par digestion trypsique. La même protéine toxique existe dans les corps bactériens des formes smooth; on peut la mettre en évidence en injectant à l'animal des bactéries qui ont été chauffées à 100°, en milieu acétique, dans le but de détruire l'antigène glucido-lipidique qu'elles renferment. Enfin, on peut noter que les corps bactériens tués par la chaleur à 50° sont nettement plus toxiques que les mêmes bactéries chauffées à 100°. Cela implique la présence, dans les corps microbiens, d'un constituant toxique thermolabile dont nous cherchons actuellement à préciser la nature.

A 15h50m l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à 16h30m.

E. P.

---

(1) Kobayashi (*Japan. Journ. exp. Med.*, 14, 1936, p. 295) vient d'isoler des corps bactériens du bacille de Flexner une substance toxique et antigénique qui paraît bien n'être rien d'autre que l'antigène glucido-lipidique du germe.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 1er FÉVRIER 1937.

PRÉSIDENCE DE M. EMMANUEL LECLAINCHE.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Président** s'exprime en ces termes :

Mes chers Confrères,

La Mort a encore frappé à notre porte : **Louis Mangin** est décédé à Orly, le 27 janvier, après une longue et pénible maladie. Il a été inhumé à Paris, jeudi dernier, en la seule présence de sa famille et de quelques amis.

Né à Paris le 8 septembre 1852, Mangin est un brillant élève de l'École normale spéciale de Cluny, d'où il sort, en 1873, avec le titre d'agrégé de l'enseignement spécial. Sa formation le destine à l'enseignement secondaire. Professeur de sciences naturelles au lycée de Nancy, il poursuit sa préparation universitaire; agrégé de l'enseignement classique, il est professeur au lycée Louis-le-Grand en 1882 et docteur ès sciences l'année suivante, avec une thèse sur « les racines adventives chez les monocotylédones ».

Ses premiers travaux portent sur l'anatomie et la physiologie végétales. Il paraît avoir conservé de ses études à Cluny une dilection marquée pour la chimie. Cette orientation le sert puissamment dans l'étude des membranes végétales qui constitue une des parties essentielles de son œuvre. Il étudie les substances qui accompagnent la cellulose. Par les procédés de la microchimie et des colorations électives, il distingue dans les membranes, en dehors de la cellulose, des composés pectiques et la callose, rare chez les phanérogames, mais habituelle chez les champignons. Ses travaux sur les Mucorinées et les Péronosporées apportent une contribution définitive à cette question, déjà très discutée et cependant fort peu connue.

En physiologie, Mangin entreprend, en collaboration avec Gaston Bonnier, des expériences sur la respiration, la transpiration et l'action chlorophylienne. Elles aboutissent à cette première conclusion que l'oxygène dégagé par les organes verts ne procède pas seulement de la décomposition de l'acide carbonique. Les travaux ultérieurs de Théophile Schlœsing et Laurent devaient confirmer ces résultats en révélant que la source complémentaire d'oxygène résulte de la réduction des nitrates. A partir de 1887, il poursuit seul ses recherches sur les échanges gazeux dans les plantes et sur le rôle des stomates.

Mangin est l'un des fondateurs de la phytopathologie. Il a étudié les maladies du blé, l'encre des châtaigniers, et, avec Viala, la phtiriose de la vigne, la production de la gomme, l'intoxication des arbres dans les villes modernes....

C'est seulement en 1904 qu'il est appelé au Muséum où la chaire de Physique végétale, créée pour Dehérain, a été transformée en un enseignement de la Botanique des Cryptogames. Il étudie patiemment la systématique des Champignons, en s'efforçant à substituer dans la diagnose des constatations précises, souvent d'ordre chimique, aux caractères morphologiques peu stables invoqués jusque-là.

En 1908, il fait connaître une méthode d'analyse des organismes végétaux du plancton qu'il applique, à la Station maritime de Tahitou, aux pêches de la baie de Saint-Vaast. Après le transfert de la station à Saint-Servan, il obtient le rattachement au laboratoire du *Pourquoi-pas*? de Charcot et il continue les examens des récoltes planctoniques des expéditions de l'Antarctique et du Pacifique.

Depuis 1920, Mangin est directeur du Muséum et il conservera cette fonction jusqu'à sa retraite, en 1931. Il obtient du Parlement le vote d'une loi autorisant l'établissement à percevoir une taxe d'entrée qui a permis d'édifier les grands bâtiments destinés à la singerie, à l'orangerie, à la graineterie, tandis que la grande galerie qui groupe les services de la botanique va être construite par l'État avec l'aide de la fondation Rockefeller et qu'un vivarium est créé avec les fonds de la *Journée Pasteur*.

Entre temps, la ferme de Chèvreloup, dépendant du domaine de Versailles, est attribuée au Muséum et un Arboretum y est installé; l'Harmas de Fabre, à Sérignan, acheté par l'État, est aussi rattaché au Muséum, ainsi que le Musée d'Ethnographie du Trocadéro.

Mangin avait été élu dans la Section de Botanique en janvier 1909, en

remplacement de Van Tieghem, élu Secrétaire perpétuel. Il a présidé l'Académie en 1929.

Admirablement préparé à l'enseignement par son long professorat dans les lycées, il fut au Muséum un excellent maître. Sous sa direction, le Muséum connaît une vie nouvelle; sa puissance de volonté s'exerce heureusement sur les pouvoirs publics pour libérer l'établissement de tutelles administratives stérilisantes et pour lui donner, avec des ressources financières permanentes, les moyens de travail indispensables.

Mangin avait le sens et le goût de l'autorité. Celle-ci émanait de toute sa personne; sa stature imposante et l'expression de son visage ne démentaient point l'assurance de sa parole et de ses gestes. Il s'était identifié avec son Muséum et il supporta mal sa mise à la retraite. Depuis ce jour, nous le vîmes décliner peu à peu, jusqu'au moment où il dut déserter nos séances.

Nous saluons respectueusement sa mémoire et nous adressons à sa famille le tribut de nos condoléances.

La séance publique sera levée après l'élection inscrite à l'ordre du jour.

CALCUL DES PROBABILITÉS. — *Sur un problème élémentaire de stratégie.* Note de M. ÉMILE BOREL.

J'ai repris l'étude d'un problème dont j'avais déjà signalé à diverses reprises l'intérêt, en y introduisant les variables continues. L'énoncé devient alors le suivant :

Deux joueurs A et B ont fait la convention suivante : chacun d'eux choisit secrètement trois nombres positifs rangés dans un ordre déterminé dont la somme est égale à s

$$a_1 + a_2 + a_3 = s, \tag{1}$$
$$b_1 + b_2 + b_3 = s. \tag{2}$$

Ces choix étant faits, on compare les nombres de même rang et le gagnant est celui qui a choisi deux nombres supérieurs aux nombres correspondants de l'adversaire. Par exemple, si l'on a

$$a_1 > b_1, \qquad a_3 > b_3, \tag{3}$$

A sera le gagnant ([1]). Quelle est la tactique T que doit adopter le joueur A

([1]) Si l'on avait $a_1 = b_1$, la partie serait nulle.

pour être certain de ne pas avoir une espérance mathématique négative, même si B connaît T et joue en conséquence? On entendra par tactique de A le choix de certaines valeurs des probabilités pour que A joue de telle ou telle manière.

A tout système de nombres vérifiant les égalités (1) ou (2) on peut faire correspondre un point a ou b intérieur à un triangle équilatéral E de hauteur égale à s. Chaque tactique sera définie par une fonction $\varphi(a)$ du point a telle que l'intégrale $\iint \varphi(a)\,d\sigma$ étendue à l'aire totale du triangle, soit égale à l'unité. Si B connaît $\varphi(a)$, il est clair qu'il peut rendre l'espérance mathématique nulle en choisissant la tactique $\varphi(b)$; mais, pour certains choix de $\varphi(a)$, il existe une tactique $\psi(b)$ rendant positive l'espérance mathématique de B, jusqu'au moment où A, informé de la tactique de B, aurait modifié la sienne.

La question posée admet une infinité de solutions; en voici deux particulièrement simples.

Soient C le cercle inscrit dans le triangle E et H l'hexagone régulier circonscrit à C et dont les côtés sont deux à deux parallèles aux côtés de E.

L'une des solutions, que nous appellerons tactique C, consiste à supposer $\varphi(a)$ nul en dehors de C, et à l'intérieur de C, proportionnel à $1/\sqrt{r^2 - \rho^2}$, r étant le rayon de C et ρ la distance de a au centre O de C.

La seconde solution, que nous appellerons tactique H, consiste à supposer $\varphi(a)$ nul à l'extérieur de H et constant sur les hexagones de centre O homothétiques à H, la valeur de $\varphi(a)$ sur le périmètre de chacun de ces hexagones étant proportionnelle au côté de cet hexagone.

Si les deux joueurs A et B adoptent tous deux la tactique C ou tous deux la tactique H, ou l'un d'eux la tactique C et l'autre la tactique H, le jeu est équitable, car l'espérance mathématique est nulle pour chacun d'eux; de plus, il n'est pas possible à l'un d'eux de rendre son espérance mathématique positive en modifiant d'une manière quelconque sa tactique.

Il est aisé de déduire de cette solution du problème avec les variables continues, la solution du problème analogue avec les variables discontinues. Le problème posé peut alors être regardé comme un problème élémentaire de stratégie.

Admettons que deux adversaires A et B soient aux prises sur trois zones, dans chacune desquelles ils ont respectivement des forces égales. De plus, chacun dispose de renforts égaux qu'il peut répartir à son gré entre les trois zones et l'on admet que la victoire dans chacune des zones appar-

tiendra à celui qui y aura massé des forces supérieures. Si l'on pose $s = 15$ (il pourra s'agir d'unités constituées, par exemple de divisions ou de corps d'armée), A devra choisir entre les solutions possibles de l'équation

$$a_1 + a_2 + a_3 = 15.$$

Le but de chacun des adversaires est d'être victorieux dans deux des trois zones.

La tactique H conduira à la règle suivante. Donnons le coefficient 5 à chacune des 30 distributions que l'on déduit, par permutation, des suivantes : (10, 5, 0), (10, 4, 1), (10, 3, 2), (9, 6, 0), (8, 7, 0), le coefficient 4 aux 24 distributions que l'on déduit par permutation de (9, 5, 1), (9, 4, 2), (9, 3, 3), (8, 6, 1), (7, 7, 1), le coefficient 3 aux 18 distributions déduites de (8, 5, 2), (8, 4, 3), (7, 6, 2), le coefficient 2 aux 12 distributions déduites de (7, 5, 3), (7, 4, 4), (6, 6, 3), et enfin le coefficient 1 aux 6 distributions déduites de (6, 5, 4).

La tactique H′ consistera à mettre dans une urne, pour chacune des distributions, un nombre de boules égal à son coefficient, chaque boule portant inscrite cette distribution ; A tirera au sort parmi les 330 boules de l'urne et adoptera la distribution désignée par le sort. Si la décision de A reste secrète pour B, celui-ci n'a rien de mieux à faire que de tirer au sort dans les mêmes conditions, les chances sont alors égales; les chances resteraient d'ailleurs égales si B choisissait d'une manière arbitraire entre les 90 distributions que nous avons envisagées, en y joignant même la 91e (5, 5, 5); mais, dans ce cas, si A sait que B tire au sort en donnant des chances égales aux 90 ou aux 91 distributions, il pourra trouver une tactique $\theta(a)$ qui lui assurera une espérance mathématique positive. Cette tactique, consistera, par exemple à choisir la distribution (8, 6, 1).

On peut observer que la solution indiquée pour le problème discontinu n'est pas valable pour le problème continu. Si donc A adopte la tactique H′ et si B a la faculté d'adopter des solutions fractionnaires, divisant en trois parties égales l'une de ses unités, il sera possible à B d'adopter une tactique lui assurant une espérance mathématique positive.

On pourrait généraliser de bien des manières les problèmes que nous venons d'étudier; en nous bornant au cas de deux joueurs, considérons les égalités entre nombres réels et positifs :

$$a_1 + a_2 + \ldots + a_n = s,$$
$$b_1 + b_2 + \ldots + b_n = s,$$

et admettons que si $a_k > b_k$, le joueur A gagne à B une somme c_k, tandis que si $b_k > a_k$ c'est le joueur B qui gagne à A une somme c'_k. Il n'est pas nécessaire, pour que le jeu soit équitable, que $c_k = c'_k$, à condition toutefois que certaines relations soient vérifiées par les c_k et les c'_k. Quelles sont les tactiques que doivent adopter A et B? Le nombre c_k pourrait être fixe, ou pourrait être fonction, soit de la différence $a_k - b_k$, soit même de a_k et de b_k. Dans le cas du problème stratégique, si l'on admettait que l'armée vaincue est entièrement détruite ou faite prisonnière, on serait conduit à supposer $c_k = m_k + b_k$, m_k étant une constante (et naturellement $c'_k = m_k + a_k$).

Beaucoup d'autres problèmes relatifs aux jeux de hasard sont simplifiés par l'introduction de variables continues; c'est le cas notamment pour le jeu de poker.

J'ai développé dans mon Cours de la Faculté des Sciences, qui sera prochainement publié, quelques-uns des sujets traités dans cette Note.

GÉOLOGIE. — *Histoire de l'ancien glacier du Rhône à sa sortie du Bassin de Genève.* Note (1) de MM. **Maurice Gignoux** et **Franck Bourdier**.

Nous avons décrit (2) les terrains fluvioglaciaires des environs de Bellegarde (Ain), et en particulier du défilé du Fort l'Écluse que traverse le Rhône entre la frontière suisse et Bellegarde. Nous en avions conclu que le « Glaciaire néowurmien », défini par W. Kilian, devait être envisagé, non comme correspondant à une avancée glaciaire indépendante, distincte du « Wurmien », mais comme une simple étape dans le retrait de la glaciation wurmienne.

Ces observations nous permettent de résumer comme suit l'histoire des périodes glaciaires et interglaciaires dans cette région.

Une *première extension glaciaire*, que nous conviendrons d'appeler *Riss*, n'a laissé comme témoins que des lambeaux de moraines de fond, déjà connus à Genève (Bois de la Bâthie, Pont Butin) et en amont (Hermance, d'après Jayet), et dont nous venons de décrire de nouveaux affleurements au Pont Carnot, à l'extrémité aval du Bassin de Genève.

Cette glaciation rissienne a donc été suivie d'une grande période d'érosion, au cours de laquelle se sont creusées des vallées antéwur-

(1) Séance du 25 janvier 1937.

(2) *Comptes rendus*, 204, 1939, p. 212.

miennes. Le *bassin de Genève* était alors occupé par un lac ou des marécages, dans lesquels se déposaient les *argiles à lignites du Bois de La Bâthie :* ces dépôts d'eaux tranquilles se prolongeaient vers l'aval jusqu'à l'entrée du défilé du Fort l'Écluse, y donnant des sables et argiles « à faciès lacustre ». Près du pont Carnot, on voit localement des sables et graviers alluviaux inclinés *vers l'amont* (3), déposés peut-être par un petit cours d'eau latéral qui aurait formé dans ce lac un delta, en y amenant des matériaux alpins fournis par la destruction des anciennes moraines rissiennes.

A ce lac et à ces marécages comblés, à succédé un *Rhône préwurmien*, qui a achevé de remplir de sables et graviers le fond du défilé du Fort l'Écluse, ainsi que l'ancienne vallée du plateau de Clarafond. A l'Est de Bellegarde, cet ancien Rhône recevait une *Valserine préwurmienne*, venant du Jura; car les alluvions anciennes des environs de Bellegarde (vers Coupy), près du débouché de la vallée actuelle de la Valserine, sont formées presque uniquement de galets calcaires jurassiens, et non de roches alpines. Et de fait ces alluvions anciennes de Bellegarde ne peuvent avoir été déposées par le Rhône préwurmien, lequel, au Sud de Bange, se dirigeait droit au Sud et passait ainsi à plus de 5^{km} à l'Est de Bellegarde.

C'est sur ce remblaiement alluvial que le *glacier wurmien* s'est avancé; l'emplacement des anciennes vallées a été entièrement noyé sous les moraines, qui ont recouvert tous les plateaux, reposant alors directement sur le socle rocheux.

Puis le glacier s'est retiré; et dans les dépressions se sont déposées des *moraines en vallums*, frontaux ou latéraux : les plus basses sont les moraines « *néowurmiennes* » de Kilian, dessinant une série de stades de retrait qui encerclent le bassin du Léman. Et les vallées actuelles se sont creusées dans des emplacements qui ne coïncident pas toujours avec ceux des vallées préwurmiennes : telle la vallée « épigénique » du Rhône entre Bange et Seyssel.

(3) Il nous paraît impossible d'attribuer cette forte inclinaison (15-20°) à des mouvements tectoniques, comme l'a suggéré Kilian. Remarquons en passant que l'un de nous (M. GIGNOUX, *Comptes rendus sommaires des séances de la Soc. géol. de France*, 1934, n° 8, p. 98) a récemment signalé des argiles, sables et graviers analogues, également inclinés vers l'amont, le long des berges de l'Isère, à Rovon, à l'extrémité aval « du Bassin de Moirans », lequel représente, pour le glacier de l'Isère, exactement l'équivalent de ce qu'est le Bassin de Genève pour le glacier du Rhône.

Dans cette interprétation, les sables et argiles du Fort l'Ecluse, de même que les argiles à lignites du Bois de La Bâthie, deviennent vraiment « *interglaciaires* », *antéwurmiens* : ils se parallélisent ainsi fort bien avec les « *charbons feuilletés* » des environs de Zurich, qui ont fourni une flore et une faune interglaciaires à *Elephas antiquus*, et avec les *lignites de Voglans* près Chambéry, auxquels l'un de nous a été conduit à attribuer un âge antéwürmien (¹).

NOMINATIONS.

M. **Jules Richard** est désigné pour représenter l'Académie au Congrès scientifique de l'*Académie méditerranéenne*, à Monaco, les 25, 26 et 27 mars 1937.

COMMISSIONS.

Par la majorité absolue des suffrages, MM. **Émile Picard**, **Ém. Borel**, **Ch. Fabry**, pour la Division des Sciences mathématiques; MM. **H. Vincent**, **G. Bertrand**, **M. Caullery**, pour la Division des Sciences physiques, sont élus membres de la Commission qui, sous la présidence de M. le Président, sera chargée de dresser une liste de candidats à la place d'Associé étranger vacante par la mort de M. *Emanuele Paterno di Sessa*.

CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

Professor K. Honda, *Anniversary volume*, *october*, 1936.

ARITHMÉTIQUE. — *Sur la répartition modulo* 1 *des puissances successives d'un même nombre.* Note de M. **Charles Pisot**, présentée par M. Élie Cartan.

Dans ce qui suit les lettres grecques désignent des nombres quelconques et les lettres romaines des entiers rationnels. D'une façon plus particulière

(¹) F. Bourdier, *Comptes rendus*, 201, 1935, p. 997.

ρ représente un entier algébrique supérieur à 1 dont tous les conjugués ont des modules inférieurs à 1. Nous poserons $\lambda\alpha^n = a_n + \varepsilon_n$ où $|\varepsilon_n| < 1/2$.

Théorème I. — *Si la série* $\sum_{n=0}^{\infty} \varepsilon_n^2$ *est convergente,* α *est un nombre* ρ *et* λ *un nombre algébrique du corps de* ρ.

Réciproquement λ étant un nombre algébrique quelconque, on peut toujours trouver des nombres $\rho > 1$ (appartenant au corps de λ) tels que $\varepsilon_n | < \theta^n$, $\theta < 1$, donc pour lesquels la série $\sum_{n=0} \varepsilon_n^2$ est convergente. Ainsi par exemple le produit infini $\prod_{n=1}^{\infty} \cos(\pi\lambda x^n)$ diverge pour toutes les valeurs de $x > 1$ si λ est transcendant et converge pour certaines valeurs de $x > 1$ si λ est algébrique.

La démonstration de ce théorème s'obtient en appliquant le théorème sur le maximum d'un déterminant de M. Hadamard (¹) aux déterminants de Kronecker construits avec les entiers $a_0, \ldots, a_n, \ldots$.

On peut en déduire que α est encore un nombre ρ et λ un nombre algébrique si les ε_n ont un seul point d'accumulation vers lequel ils tendent de façon monotone. En effet le nombre $\lambda' = \lambda(\alpha - 1)$ donne alors des valeurs ε'_n toutes de même signe et pour lesquels la série $\sum_{n=1}^{\infty} \varepsilon'_n$ est convergente.

Théorème II. — *Si, à partir d'un certain rang, tous les* ε_n *vérifient l'inégalité* $|\varepsilon_n| \leqq \varepsilon < 1/2(\alpha+1)^2$, *les nombres* λ *et* α *appartiennent à des ensembles dénombrables de nombres.*

L'inégalité montre en effet qu'à partir d'un certain rang

$$\left| a_{n+2} - \frac{a_{n+1}^2}{a_n} \right| < \frac{1}{2},$$

donc l'entier a_{n+2} est déterminé par les entiers a_n et a_{n+1}. Or, ayant deux entiers a_0 et a_1, on peut construire d'une façon unique une suite $a_0, a_1, \ldots, a_n, \ldots$, où les a_n vérifient l'inégalité précédente. On peut démontrer que, quels que soient a_0 et a_1, $a_1 > a_0$, le rapport a_{n+1}/a_n a toujours une limite $\sigma \geqq 1$ et a_n/σ^n une limite λ pour lesquelles

$$\lambda\sigma^n = a_n + \varepsilon_n, \qquad |\varepsilon_n| \leqq \varepsilon < \frac{1}{2(\sigma-1)^2}.$$

(¹) *Bulletin des Sciences mathématiques*, 17, 1893, p. 240.

Comme ces suites ne dépendent que de a_0 et a_1, les nombres σ et λ sont dénombrables. Tout nombre ρ est un nombre σ et il est probable que tout nombre σ soit un nombre ρ. Ainsi si $a_0 = 2$ ou 3, σ est un nombre ρ.

Théorème III. — *Pour tout nombre $\alpha > 1$, les valeurs de λ pour lesquelles $|\varepsilon_n| < 1/2(\alpha+1)$ sont au plus en infinité dénombrable*, dans tout intervalle $(n - 1/2, n + 1/2)$ il y en a au plus une.

D'autre part, il existe une infinité de valeurs λ pour lesquelles $|\varepsilon_n| < 1/2(\alpha - 1)$, donc pour lesquelles $|\varepsilon_n| < 1/2$ si $\alpha > 2$.

En effet si $|\varepsilon_n| < \varepsilon$, $|a_{n+1} - \alpha a_n| < (\alpha+1)\varepsilon$, donc si

$$\varepsilon = \frac{1}{2(\alpha+1)}, \qquad |a_{n+1} - \alpha a_n| < \frac{1}{2},$$

et la suite $a_0, \ldots, a_n, \ldots$ est déterminée par a_0 et α. Pour une telle suite il existe alors un nombre λ tel que $|\varepsilon_n| < 1/2(\alpha - 1)$.

Théorème IV. — *Pour tout nombre algébrique α il existe une quantité ε telle que, si $|\varepsilon_n| \leq \varepsilon$, le nombre α est un nombre ρ.*

Soit $b_0\alpha^r + b_1\alpha^{r-1} + \ldots + b_r = 0$, alors on aura

$$b_0 a_{n+r} + b_1 a_{n+r-1} + \ldots + b_r a_n = -(b_0\varepsilon_{n+r} + b_1\varepsilon_{n+r-1} + \ldots + b_r\varepsilon_n),$$

donc si $\varepsilon < 1/(|b_0| + |b_1| + \ldots + |b_r|)$ la valeur absolue de l'entier au premier membre est inférieure à 1, donc cet entier est toujours nul et α est un nombre ρ.

Théorème V. — *Les nombres α tels que les ε_n ont un nombre fini de points d'accumulation sont des nombres σ et, s'ils sont algébriques, des nombres ρ.*

Soient $\beta_1, \ldots, \beta_h$ les points d'accumulation des ε_n. On peut approcher les nombres β_i par des fractions de même dénominateur p_i/q de sorte que $|p_i - \beta_i q| < \varepsilon\,(i = 1, 2, \ldots, h)$, alors $(q\lambda)\alpha^n = a'_n + \varepsilon'_n$ et $|\varepsilon'_n| \leq \varepsilon$ à partir d'un certain rang. Nous sommes alors dans les conditions des théorèmes II ou IV.

Les mêmes méthodes s'appliquent si les nombres sont complexes, les a_n étant des entiers d'un corps quadratique à éléments imaginaires; ou encore si, à la place de $\lambda\alpha^n$, nous prenons une solution d'une relation de récurrence linéaire quelconque. Cela nous permet d'étudier les cas où nous avons des sommes de la forme $\lambda_1\alpha_1^n + \ldots + \lambda_r\alpha_r^n$, ou encore des expressions telles que $\alpha^n P(n)$, $P(n)$ étant un polynome en n à coefficients quelconques. Les résultats sont analogues, j'y reviendrai dans une Note ultérieure.

CALCUL DES PROBABILITÉS. — *Sur des probabilités en chaînes.* Note (1) de M. **Robert Fortet**, présentée par M. Émile Borel.

Rappelons le problème fondamental de la théorie des probabilités en chaînes *continues* (2) : étant donné, dans un espace à un nombre fini quelconque de dimensions, un ensemble V, borné ou non, mais mesurable, de mesure finie ou non, E et F étant des points variables sur cet ensemble, on considère une famille de fonctions $P^n(E, F)$ $(n = 1, 2, \ldots, \infty)$ continues ou non, définies sur V et satisfaisant aux conditions

$$(P) \qquad P^n(E, F) \geqq 0,$$

$$(T) \qquad \int_V P^n(E, F)\, dF = 1,$$

$$(R) \qquad P^{n+m}(E, F) = \int_V P^n(E, G)\, P^m(G, F)\, dG,$$

où les intégrales sont des intégrales de Lebesgue; il faut évidemment supposer que les $P^n(E, F)$ sont telles que les conditions (P), (T), (R) gardent toujours un sens : en particulier, à cause de (T), la fonction de F : $P^n(E, F)$ doit être mesurable sur V quels que soient n et E fixes. On considère d'autre part les fonctions d'ensemble $P^n(E, \omega) = \int_\omega P^n(E, F)\, dF$, et l'on se propose de déterminer le comportement des $P^n(E, F)$ et des $P^n(E, \omega)$ lorsque n croît indéfiniment.

On sait que l'on arrive à des résultats intéressants par application d'une méthode bien connue, dite de Markoff; nous avons pu, en modifiant légèrement la marche suivie habituellement, compléter ces résultats. Appelons $p^n(F)$, $P^n(F)$, $p^n(\omega)$, $P^n(\omega)$ respectivement les bornes inférieures et supérieures des $P^n(E, F)$, $P^n(E, \omega)$ lorsque E varie, et $p(F)$, $P(F)$, $p(\omega)$, $P(\omega)$ les limites, lorsque n croît indéfiniment, des $p^n(F)$, $P^n(F)$, $p^n(\omega)$, $P^n(\omega)$. La méthode de Markoff exige pour être applicable qu'*il existe un rang* $\mathcal{V}$, *un nombre positif* η *et un ensemble mesurable de mesure non nulle* Ω, *tels que l'on ait :* $p^{\mathcal{V}}(F) > \eta$ *sur* Ω; nous supposerons donc dans tout ce qui suit que cette condition, la condition (c) pour abréger, est remplie. On a alors :

(1) Séance du 25 janvier 1936.

(2) Voir par exemple le Mémoire de M. Fréchet dans les *Commentarii Mathematici Helvetici*, 5, 1933, p. 175.

Théorème I. — *Lorsque la condition* (c) *est réalisée, les limites* $p(\omega)$ *et* $P(\omega)$ *sont égales et lorsque n croît indéfiniment,* $P^n(E, \omega)$ *tend; normalement lorsque* E *et* ω *varient, vers une limite* $\overline{P}(\omega)$ *indépendante de* E *et égale à la valeur commune de* $p(\omega)$ *et* $P(\omega)$.

Théorème II. — *Lorsque la condition* (c) *est réalisée, la limite* $\overline{P}(\omega)$ *des* $P^n(E, \omega)$, *qui est évidemment additive au sens restreint, est aussi additive au sens complet et absolument continue sur* V.

Conséquence. — $\overline{P}(\omega)$ est donc une « intégrale définie »; ses diverses dérivées ne diffèrent entre elles qu'en des points appartenant à un ensemble de mesure nulle; choisissons l'une d'elles, soit $\overline{\pi}(F)$; on a

$$\text{(D)} \qquad \int_{\omega} \overline{\pi}(F)\,dF = \overline{P}(\omega).$$

Théorème III. — *Pour* E *fixe quelconque, lorsque la condition* (c) *est réalisée,* $P^n(E, \omega)$ *est uniformément « absolument continue » lorsque n varie.*

Envisageons particulièrement le cas où V est de mesure infinie; soit alors une suite d'ensembles W_s de mesure finie, tels que

$$W_s \leqq W_{s+1} \qquad \text{et} \qquad \lim_{s=\infty} W = V;$$

par définition, on a : $P^n(E, V) = \lim_{s=\infty} P^n(E, W_s)$; mais on a aussi

Théorème IV. — *Lorsque la condition* (c) *est réalisée, pour* E *fixe quelconque,* $P^n(E, V\text{-}W_s)$ *tend vers* o *avec* $1/s$, *uniformément lorsque n varie.*

Dans tous les cas, on peut dire que

Théorème V. — *Lorsque la condition* (c) *est réalisée,* $P^n(E, F)$ *tend vers la dérivée* $\overline{\pi}(F)$ *de* $\overline{P}(\omega)$ (*donc vers une limite indépendante de* E) *sauf peut-être en des points* F *appartenant à un ensemble de mesure nulle qui, lui, peut dépendre de* E.

De V et de (R) on déduit le théorème suivant, indiqué par M. Fréchet dans son Mémoire cité, théorème plus précis que V à certains égards, mais valable seulement pour les points F tels que P(F) soit finie :

Lorsque la condition (c) *est réalisée, en tout point* F *tel que* P(F) *soit finie,* $P(F) = p(F)$ *et lorsque n croît indéfiniment* $P^n(E, F)$ *tend, normalement lorsque* E *varie, vers une limite indépendante de* E *et égale à la valeur commune de* P(F) *et* $p(F)$.

D'autre part, ayant défini le cas quasi régulier comme celui où, lorsque n croît indéfiniment, $P^n(E, F)$ tend vers une limite indépendante de E,

soit $\bar{\pi}(F)$, uniformément lorsque E varie, sauf peut-être si F appartient à un certain ensemble de mesure nulle, M. Fréchet demande dans son Mémoire [note (5), p. 205] : *peut-on trouver des cas quasi réguliers tels que l'on ait* $0 < \int_V \bar{\pi}(F)\,dF < 1$; il faut répondre *non*; en effet : ou bien $\bar{\pi}(F)$ est nulle, sauf peut-être en des points appartenant à un ensemble de mesure nulle; alors $\int_V \bar{\pi}(F)\,dF = 0$. Notons que ce cas se présente effectivement; ou bien il existe un ensemble mesurable de mesure non nulle sur lequel $\bar{\pi}(F)$ est positive : on en déduit aisément que la condition (*c*) est satisfaite, et que, d'après V et (D), on a

$$\int_V \bar{\pi}(F)\,dF = \bar{P}(V) = 1.$$

CALCUL DES PROBABILITÉS. — *Sur une extension de la loi des grands nombres.* Note de M. **Daniel Dugué**, présentée par M. Emile Borel.

1. M. Khintchine [1] a établi la proposition suivante :

Pour que la moyenne arithmétique d'une suite de variables aléatoires $x_1, \ldots, x_n, \ldots$ *ayant la même loi de probabilité converge en probabilité vers un nombre fixe* a, *il suffit que la valeur moyenne de ces variables existe et soit égale à* a.

Le but de cette Note est de fournir une condition *nécessaire et suffisante* de convergence en probabilité et de mettre en évidence des variables aléatoires n'ayant pas de valeurs moyennes et dont la moyenne converge néanmoins en probabilité.

Si $\varphi(t) = \exp\{\psi(t)\}$ est la fonction caractéristique d'une variable, $\exp\{n\psi(t/n)\}$ est celle de la moyenne et il se déduit des résultats de M. Paul Lévy (*Cours de Calcul des Probabilités*) que pour que $\Sigma x_i/n$ converge vers a en probabilité il faut et il suffit que dans tout intervalle borné de t, $n\psi(t/n)$ tende uniformément vers iat, ce qui entraîne donc que $\psi(t)$ soit dérivable pour $t = 0$, et que la dérivée soit égale à ia (en effet $\psi(0) = 0$). Donc

La condition nécessaire et suffisante pour que $\Sigma x_i/n$ *converge en probabilité*

---

[1] *Comptes rendus*, 189, 1929, p. 477.

vers a est que la fonction caractéristique soit dérivable à l'origine, la dérivée étant ia.

S'il y a une valeur moyenne il y a une dérivée première. Nous retrouvons donc le théorème de M. Khintchine. Mais il peut se faire qu'il y ait une dérivée première sans qu'existe une valeur moyenne. L'exemple suivant le prouve. Soit la variable aléatoire X susceptible de prendre des valeurs extérieures à l'intervalle -2, $+2$ la loi de probabilité élémentaire étant $K\,dx/x^2(\log|x|)^\alpha$ avec $\alpha \leqq 1$, K étant une constante. La valeur moyenne de X n'est pas définie. En vertu de la symétrie de la loi de probabilité élémentaire la fonction caractéristique sera $2K\int_2^{+\infty}\frac{\cos tx\,dx}{x^2(\log x)^\alpha}$. La dérivée à l'origine sera la limite si elle existe de la quantité

$$-2K\int_2^{+\infty}\frac{1-\cos\Delta t x}{\Delta t}\,\frac{dx}{x^2(\log x)^\alpha}$$

quand Δt tend vers o. Nous partagerons l'intégrale en deux parties I_1 de 2 à $2\pi/\Delta t$, I_2 de $2\pi/\Delta t$ à $+\infty$,

$$I_2=\int_{\frac{2\pi}{\Delta t}}^{+\infty}\frac{1-\cos\Delta t x}{\Delta t}\,\frac{dx}{x^2(\log x)^\alpha}<\frac{2}{\Delta t}\int_{\frac{2\pi}{\Delta t}}^{+\infty}\frac{dx}{x^2(\log x)^\alpha}=\frac{Y}{\pi}\int_Y^{+\infty}\frac{dx}{x^2(\log x)^\alpha}$$

en posant $2\pi/\Delta t = Y$.

En partageant l'intervalle d'intégration de Y à hY, ..., $h^{n-1}Y$ à h^nY, ... $(h>1)$ il est facile comme $x^2(\log x)^\alpha$ est croissant de majorer I_2 :

$$I_2<\frac{Y}{\pi}\sum_{n=0}^{+\infty}\int_{h^nY}^{h^{n+1}Y}\frac{dx}{x^2(\log x)^\alpha}<\frac{Y}{\pi}\sum_{n=0}^{+\infty}\frac{(h-1)h^nY}{(h^nY)^2(\log h^nY)^\alpha}=\frac{h-1}{\pi}\sum_{n=0}^{+\infty}\frac{1}{h^n(\log h^nY)^\alpha},$$

Cette série est toujours convergente; elle est inférieure à

$$\frac{h-1}{\pi(\log Y)^\alpha}\sum_{n=0}^{+\infty}\frac{1}{h^n}=\frac{h}{\pi(\log Y)^\alpha}$$

Quand $\Delta t \to 0$, I_2 tend donc vers o.

$$I_1=\int_2^{\frac{2\pi}{\Delta t}}\frac{1-\cos\Delta t x}{\Delta t}\,\frac{dx}{x^2(\log x)^\alpha}<\int_2^{\frac{2\pi}{\Delta t}}\frac{\Delta t}{2}x^2\frac{dx}{x^2(\log x)^\alpha}=\frac{\pi}{Y}\int_2^{Y}\frac{dx}{(\log x)^\alpha}.$$

En intégrant de 2 à $2h$, ... (Y étant $2h^n$), on voit que

$$I_1 < \frac{\pi}{2h^n}\sum_{i=0}^{n-1}\frac{2(h-1)h^i}{(\log 2h^i)^\alpha} < \frac{(h-1)\pi}{(\log h)^\alpha}\,\frac{1}{h^n}\sum_{i=1}^{n-1}\frac{h^i}{i^\alpha}.$$

La quantité $\frac{1}{h^n}\sum_{i=1}^{n-1}\frac{h^i}{i^\alpha}$ tend vers o avec $\frac{1}{n}$. En effet soit $n = p + q$,

$$\frac{1}{h^n}\sum_{i=1}^{n-1}\frac{h^i}{i^\alpha} = \frac{1}{h^{p+q}}\left[\sum_{i=1}^{p-1}\frac{h^i}{i^\alpha} + \sum_{i=p}^{p+q-1}\frac{h_i}{i^\alpha}\right] < \frac{1}{h^{p+q}}\left\{\frac{h^p-1}{h-1} + \frac{h^p}{p^\alpha}\left[\frac{h^q-1}{h-1}\right]\right\},$$

ce qui est inférieur à $(1/h-1).(1/h^q + 1/p^\alpha)$. En prenant q et p assez grands on voit que l'on peut rendre I_1 inférieur à un nombre positif donné. La fonction caractéristique de la variable aléatoire est donc dérivable à l'origine. Par conséquent $\Sigma x_i/n$ converge en probabilité vers o, bien que X n'ait pas de valeur moyenne.

GÉOMÉTRIE. — *Études sur le tétraèdre.*

Note de M. **Paul Delens**, présentée par M. Élie Cartan.

1. Les résultats exposés (¹) permettent l'extension au tétraèdre $\mathcal{T}$ de certaines figures de Brocard du triangle. Je garderai en général les notations précédentes, les références aux Notes en question étant indiquées par [1] et [2], mais désignerai par J_1, J_2, J_3 au lieu de λ, μ, ν, les angles d'un triangle Θ *associé* à $\mathcal{T}$. Les propriétés obtenues confirment l'importance du système d'angles A, B, C, D, J_1, J_2, J_3 [1].

Je définis pour le tétraèdre général deux *angles de Brocard* $\mathfrak{U}$, U par

(1) $$ab'c' + bc'a' + ca'b' + abc = 24\,\mathrm{V}\cot\mathfrak{U},$$

(2) $$\cot \mathrm{A} + \cot \mathrm{B} + \cot \mathrm{C} + \cot \mathrm{D} = \cot \mathrm{U},$$

avec

(3) $$\frac{\cot \mathrm{U}}{\cot\mathfrak{U}} = \frac{4\sin \mathrm{J}_1 \sin \mathrm{J}_2 \sin \mathrm{J}_3}{\sin \mathrm{J}_1 + \sin \mathrm{J}_2 + \sin \mathrm{J}_3} = \frac{2\mathcal{R}_0}{\mathcal{R}},$$

$\mathcal{R}$ et $\mathcal{R}_0$ étant les rayons des cercles circonscrit et inscrit à un triangle Θ. Les coordonnées normales absolues des points L [2] et O sont

(L) $$d_\mathrm{J} = \frac{3\mathrm{V}}{\varphi}\mathrm{R}\sin \mathrm{J} \quad \text{avec} \quad \varphi = \mathrm{R}\Sigma(s_\mathrm{J}\sin \mathrm{J}) = 6\mathrm{V}\cot\mathfrak{U},$$

(O) $$d'_\mathrm{J} = \mathrm{R}\cos \mathrm{J}, \qquad \mathrm{J} = \mathrm{A}, \mathrm{B}, \mathrm{C}, \mathrm{D},$$

(¹) *Comptes rendus*, 203, 1936, p. 837-839 et 1213-1215.

et

(4) $$\rho^2 d_J^2 + 9V^2 d_J'^2 = 9V^2R^2;$$

en posant

$$\cos U' = \frac{\rho}{\sqrt{\rho^2+9V^2}}, \qquad \sin U' = \frac{3V}{\sqrt{\rho^2+9V^2}}, \qquad \frac{\cos U' d_J \pm i \sin U' d_J'}{\cos U' \pm i \sin U'} = \begin{cases} \delta_J', \\ \delta_J'', \end{cases}$$

les relations (4), où $\delta_J' \delta_J'' = 9V^2R^2$, traduisent l'existence, sur la droite OL de Brocard, de deux points conjugués complexes ϖ' et ϖ'', *isogonaux*, foyers d'un *cercle de Brocard* $\mathfrak{L}$, lui-même cercle focal d'un *ellipsoïde de révolution de Brocard* $\mathcal{E}$, aplati, inscrit à $\mathfrak{T}$; ϖ' et ϖ'' étant conjugués harmoniques de L et O, $\mathfrak{L}$ appartient à la sphère (OL) de Brocard [2] et est vu de O sous l'angle $2U'$; or $\cot U' = 2 \cot \mathfrak{U}$.

2. Pour le tétraèdre isodynamique ($aa' = bb' = cc'$) subsiste un seul angle de Brocard, $U = \mathfrak{U}$; des simplifications importantes résultent de la relation [1]

(5) $$\sum_3 (\cot D \cot A + \cot B \cot C) \equiv \frac{3}{4},$$

et accentuent l'analogie avec le cas du triangle. Il existe ici ∞^1 sphères T de Tucker ([2]), centrées sur OL et coupant les arêtes de $\mathfrak{T}$ aux sommets de quatre triangles associés égaux. Les sphères de similitude de deux sphères T passent par un cercle réel $\mathfrak{D}$, situé sur (OL) et vu de O sous l'angle $2U''$ tel que $\cot U = \sqrt{2} \cot U''$; $\mathfrak{D}$ est cercle focal d'un ellipsoïde de révolution aplati $\mathcal{F}$, enveloppe des sphères T, non inscrit à $\mathfrak{T}$; $\mathfrak{D}$ et $\mathcal{F}$ sont, *pour le tétraèdre isodynamique*, un *second cercle* et un *second ellipsoïde de Brocard.*

3. L'inversion tétraédrique *normale*, par points isogonaux, est un cas particulier de ∞^3 transformations birationnelles involutives analogues, d'ordre 3, relatives à T. Chaque *inversion tétraédrique* (I) peut être définie, avec le système de coordonnées correspondant, par $xx' = yy' = zz' = tt'$. Une paire de points M, M', inverses pour (I), dépend de 3 paramètres : les droites portant une telle paire, *cas de* OL *du* n° 1, forment un complexe. Sans détailler l'étude de (I), insistons sur quelques points.

A un plan P correspond une surface cubique K' passant par les arêtes de $\mathfrak{T}$; à une droite Δ une cubique gauche Γ'. Il est indiqué de considérer le système linéaire (Q), à 5 paramètres, des quadriques circonscrites à $\mathfrak{T}$,

---

([2]) V. Thébault, *Mathesis*, 1932, supplément.

d'équation

(6) $$\lambda tx + \lambda' xy + \mu ty + \mu' zx + \nu tz + \nu' xy = 0.$$

Si M décrit une quadrique Q, son inverse M' décrit une quadrique Q' et les systèmes linéaires ∞^4 des quadriques Q par M, Q' par M', se correspondent dans l'échange de λ et λ', μ et μ', ν et ν', *involution* (i) *dans l'espace* E_5 *du système* (Q). A une droite Δ correspond un réseau linéaire de (Q), à son inverse Γ' un second réseau linéaire. En général ces deux réseaux n'ont aucune quadrique commune. Mais pour une droite Δ du complexe, corde MM' de Γ', les deux réseaux ont en commun le faisceau de quadriques dont Δ et Γ' constituent l'intersection.

Soient, pour une droite M_1M_2, les coordonnées plückériennes

(7) $$u = y_1z_2 - y_2z_1, \qquad u' = t_1x_2 - t_2x_1, \quad v, v', w, w';$$

le réseau correspondant de (Q) est défini par (6) et les conditions

(8) $$\frac{\lambda'}{u'} = \frac{\nu}{w} - \frac{\mu}{v}, \qquad \frac{\mu'}{v'} = \frac{\lambda}{u} - \frac{\nu}{w}, \qquad \frac{\nu'}{w'} = \frac{\mu}{v} - \frac{\lambda}{u}.$$

Adjoignons à (8) le système en résultant par (i). Si les deux systèmes ont une solution commune, leur résolution en λ', μ', ν', par exemple, exige l'annulation du déterminant des coefficients de ces variables, soit

(9) $$uv'w' + vw'u' + wu'v' + uvw = 0,$$

équation du complexe, du troisième ordre. Mais alors le rang de la matrice du déterminant s'abaisse à *un*, d'où le faisceau indiqué, dont l'équation s'obtient en conservant dans (6), d'après (8), les paramètres λ, μ, ν liés par la seule relation

$$\frac{\lambda}{u'} + \frac{\mu}{v'} + \frac{\nu}{w'} = 0.$$

GÉOMÉTRIE PROJECTIVE DIFFÉRENTIELLE. — *Suites de Laplace pour lesquelles les surfaces d'indice de même parité ont leurs asymptotiques en correspondance*. Note de M. **Serge Finikoff**.

1. Soit $\ldots M_{-2}M_{-1}M_0M_1M_2M_3\ldots$ une suite de Laplace dont chaque rayon M_iM_{i+1} enveloppe sur la nappe focale (M_i) une ligne $v =$ const., sur (M_{i+1}) une ligne $u =$ const. Désignons par (k_{i-1}, k_i), (K_{i-1}, K_i) les invariants de Darboux ponctuels et tangentiels se rapportant au réseau

focal (u, v) de (M_i) et appelons *invariants de la congruence* $(M_i M_{i+1})$ les invariants k_i, K_i communs aux deux réseaux focaux (M_i), (M_{i+1}).

Si les asymptotiques de (M_i) sont $a\,du^2 + b\,dv^2 = 0$, celles de (M_{i+1}) sont $K_i a\,du^2 + k_i b\,dv^2 = 0$; par suite les asymptotiques se correspondent sur toutes les nappes d'indice pair d'une part, sur celles d'indice impair de l'autre, si la relation

$$(1) \qquad K_i K_{i+2} = k_i k_{i+2}$$

est vérifiée pour chaque indice i. En introduisant une fonction auxiliaire λ, on peut remplacer (1) par

$$K_{2n} = \lambda k_{2n}, \qquad K_{2n+1} = \frac{k_{2n+1}}{\lambda},$$

et, en portant ces expressions dans l'équation de Darboux

$$(2) \qquad k_{i-1} + k_{i+1} = 2k_i - \frac{\partial^2 \log k_i}{\partial u\, \partial v},$$

on obtient

$$(\lambda - 1)[k_{2n-1} - k_{2n+1} + \lambda(k_{2n} - k_{2n+2})] = 0.$$

Si λ est égal à 1, les asymptotiques se correspondent sur toutes les nappes focales (M_i) et la suite est (R). Si λ est différent de 1, on obtient, pour chaque indice n, les relations

$$(3) \qquad k_{2n} = k + n\mu, \qquad k_{2n+1} = h - n\lambda\mu, \qquad \mu(\lambda + 1) = 0;$$

de sorte que, ou bien $\mu = 0$, ou bien $\lambda = -1$.

2. Si $\lambda = -1$, *les asymptotiques de chaque nappe d'indice pair* (M_{2n}) *correspondent à un réseau conjugué de* (M_{2n+1}), *donc, chaque congruence* $(M_{2n} M_{2n+1})$ *de la suite est une congruence de Waelsch;* mais il n'existe pas de suite de Laplace dont quatre congruences successives sont du type de Waelsch, de sorte que $\lambda = -1$ *doit être écarté; on doit donc simplement retenir* $\mu = 0$; on a $k_{2n} = k$, $k_{2n+1} = 1/k$, $K_{2n} = K$, $K_{2n+1} = 1/K$ et l'on obtient une solution avec deux fonctions arbitraires d'un argument. Chaque congruence de la suite est projectivement équivalente à celle que l'on obtient par une double application de la transformation de Laplace.

3. En revenant aux congruences de Waelsch, on doit noter que les deux congruences encadrant une telle congruence dans la transformation de Laplace ne peuvent être toutes deux W. Une congruence W $(M_2 M_3)$, dont les transformées de Laplace $(M_1 M_2)$ et $(M_3 M_4)$ sont du type de Waelsch, appartient à un complexe linéaire; la droite $M_1 M_4$ touche alors les nappes

(M_1), (M_4) et engendre une congruence appartenant au même complexe linéaire. Inversement, une suite de Laplace M_1, M_2, M_3, M_4, telle que la droite M_1M_4 admette (M_1) et (M_4) pour nappes focales, contient deux congruences de Waelsch, (M_1M_2) et (M_3M_4), et les congruences (M_2M_3) et (M_1M_4) appartiennent au même complexe linéaire.

ESPACES ABSTRAITS. — *Sur les relations entre les espaces de Linfield et les complexes.* Note (¹) de M. **Antoine Appert**, présentée par M. Élie Cartan.

L'objet de cette Note est de montrer que l'on peut faire correspondre à tout ensemble topologique A homéomorphe à un complexe simplicial rectiligne, un espace de Linfield (ne comprenant qu'un nombre fini de points si le complexe envisagé est fini) tel que la connaissance de cet espace de Linfield détermine complètement le type topologique de A. Il y a là, croyons-nous, une source d'utiles rapprochements entre la théorie des espaces abstraits et la topologie dite combinatoire.

I. Nous rappelons que l'on appelle *espace de Linfield* (²) un ensemble P d'éléments appelés *points* où l'on a défini une relation dite de *conjugaison* qui a lieu ou non pour tout couple de points de P, indépendamment de l'ordre de ces deux points. Selon que cette relation a lieu ou non, on dit que les deux points sont *conjugués* ou non. Il est commode de considérer chaque point comme conjugé de lui-même.

Un espace de Linfield peut être considéré comme un espace ($\mathcal{V}$) au sens de M. Fréchet (*Op. cit.*, p. 173); il suffit pour cela d'y prendre comme voisinage unique d'un point quelconque *a*, l'ensemble de tous les points de l'espace qui sont conjugués de *a*. Pour tout espace de Linfield, on peut donc parler de son « type topologique », auquel nous donnerons le nom de *type linfieldien*. Deux espaces de Linfield ont le même type linfieldien s'ils sont homéomorphes au sens de la théorie des espaces ($\mathcal{V}$); et pour cela il faut et il suffit qu'ils se correspondent biunivoquement avec conservation de la relation de conjugaison.

D'autre part on appellera *complexe simplicial rectiligne* (³), ou plus brièvement

(¹) Séance du 25 janvier 1937.

(²) Voir M. Fréchet, *Les espaces abstraits*, Paris, 1928, p. 180-181.

(³) Comparer avec Alexandroff et Hopf, *Topologie*, Berlin, 1935, p. 129. Dans cet ouvrage (p. 132) M. Alexandroff considère un complexe C comme un « espace discret » dont les *points* sont les simplexes de C, et où la *fermeture* d'un ensemble E est obtenue en ajoutant à E toutes les faces des simplexes de E. Cet espace est tout différent de l'espace L(C) défini plus loin.

complexe C le système constitué par un nombre fini ou une infinité dénombrable de simplexes rectilignes appartenant à un espace cartésien R et satisfaisant aux conditions suivantes : toute face d'un simplexe de C appartient à C. Étant donné deux simplexes quelconques de C, ou bien ils sont sans point commun, ou bien leur intersection est une face de chacun d'eux, ou bien l'un est une face de l'autre, mais ils ne sont jamais identiques. Si enfin C^* désigne l'ensemble topologique constitué par tous les points de R qui appartiennent à au moins un simplexe de C, on suppose que chaque point de C^* possède un entourage dans C^* qui n'a de points communs qu'avec un nombre fini de simplexes de C.

Un ensemble est dit homéomorphe à un complexe C s'il est homéomorphe à C^*.

II. Ces notions étant rappelées, nous ferons correspondre à chaque complexe C l'espace de Linfield L(C) *dont les points sont les sommets de* C *et où deux points sont considérés comme conjugés si et seulement s'ils sont sommets d'un même simplexe de* C.

En général la donnée de L(C) ne détermine pas complètement C. Par contre la donnée de L(C) détermine complètement C quand la condition suivante est remplie :

L. Pour qu'un ensemble E de points de L(C) constitue l'ensemble des sommets d'un même simplexe de C, il faut et il suffit que deux points arbitrairement pris dans E soient toujours conjugués (c'est-à-dire soient toujours deux sommets d'un même simplexe de C).

Nous appellerons *complexe linfieldien* tout complexe satisfaisant à la condition L. On a le théorème suivant :

Tout complexe dérivé (c'est-à-dire obtenu par subdivision barycentrique d'un complexe donné) *est linfieldien.*

En effet, on sait que le simplexe général du complexe dérivé C′ d'un complexe C est le simplexe dont les sommets sont les centres de gravité de chacun des simplexes d'une famille quelconque F de simplexes distincts, appartenant à C et tels qu'étant donné deux simplexes quelconques de F, il y en a toujours un qui est une face de l'autre.

Soit alors E un ensemble de points de L(C′) tel que deux points quelconques de E soient conjugés dans L(C′). Chaque point a de E est centre de gravité d'un et d'un seul simplexe de C; nous désignons ce simplexe par S(a). De plus, deux points distincts quelconques a et b de E sont deux sommets d'un même simplexe de C′. Donc les deux simplexes S(a) et S(b) sont tels que l'un des deux est une face de l'autre. Par conséquent E est l'ensemble des sommets d'un même simplexe de C′. C. Q. F. D.

III. Le théorème précédent montre que *tout ensemble topologique* A *homéomorphe à un complexe donné est homéomorphe à un complexe linfiel-*

dien K (par exemple au dérivé du complexe donné). *La connaissance du type linfieldien de* L(K) *détermine complètement les relations d'incidence de* K, *et détermine donc complètement le type topologique de* A. La donnée d'un type linfieldien (où n'intervient que l'unique relation de conjugaison) pour déterminer le type topologique de A, constitue en soi quelque chose de plus simple que la donnée des relations d'incidence d'un complexe (5). Toute la théorie de l'*homologie* peut d'ailleurs se construire dans les espaces de Linfield en y appelant *simplexe* tout ensemble de points conjugués deux à deux; et les résultats précédents montrent que toutes les circonstances rencontrées dans la théorie de l'homologie des chaînes de simplexes d'un complexe, se retrouveront dans les espaces de Linfield (6). Remarquons encore qu'il y a identité complète entre les transformations *simpliciales* abstraites d'un complexe linfieldien K *dans* un complexe linfieldien k et les transformations univoques et *continues* [au sens de la théorie des espaces ($\mathcal{V}$)] de l'espace L(K) dans L(k); ces transformations ne sont autres que les transformations univoques de L(K) dans L(k) qui transforment toujours deux points conjugués en deux points conjugués (éventuellement identiques).

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Le problème de Souslin et les espaces abstraits* (1). Note (2) de M. **Georges Kurepa**, présentée par M. Jacques Hadamard.

$\mathcal{F}$ étant une famille d'ensembles, nous désignerons par $p_c\mathcal{F}$ et $p_d\mathcal{F}$ la borne supérieure des puissances des familles d'ensembles extraites de $\mathcal{F}$ et bien ordonnées par rapport à $\subset$ et $\supset$, respectivement; $p_s\mathcal{F}$ désignera la borne supérieure des puissances des familles disjonctives extraites de $\mathcal{F}$.

E étant un espace abstrait, on désignera par $\mathcal{G}$ ou $\mathcal{G}$(E) la famille de

(5) Et a l'avantage de rejoindre le point de vue des physiciens (cf. J.-L. Destouches) qui considèrent l'espace de Linfield comme constituant la meilleure image de l'espace physique.

(6) Puisqu'une subdivision, et en particulier le remplacement d'un complexe par son dérivé, n'altère pas les propriétés d'homologie.

(1) Voir aussi la Note des *Comptes rendus*, 203, 1936, p. 1049-1052; la terminologie et les notations seront celles de cette même Note.

(2) Séance du 25 janvier 1937.

tous les ensembles ouverts de E; le signe $\mathcal{CG}$ ou $\mathcal{CG}(E)$ représentera la famille des *composants* des ensembles ouverts de l'espace.

En remarquant que, $\mathcal{T}$ étant un tableau ramifié quelconque d'ensembles décroissants (croissants) appartenant à l'espace ([3]), la famille $\mathcal{CT}$ des composants des éléments de $\mathcal{T}$ est encore un tableau ramifié d'ensembles décroissants (croissants); on peut démontrer le

THÉORÈME I. — *Tout espace* (V), *localement connexe et infini*, *vérifie* $p_c\mathcal{G} = p_c\mathcal{CG} + p_s\mathcal{CG}$ *et* $p_d\mathcal{G} \geqq p_d\mathcal{CG} + p_s\mathcal{CG}$; *pour que, pour tout espace* (V) *localement connexe et infini*, $p_d\mathcal{G} = p_d\mathcal{CG} + p_s\mathcal{CG}$, *il faut et il suffit que, quel que soit le tableau ramifié infini* T, *on ait* $b\mathrm{T} = p\mathrm{T}$ ([4]).

Je ne connais aucun espace abstrait vérifiant $p_d\mathcal{G} > p_d\mathcal{CG} + p_s\mathcal{CG}$.

Remarquons que M. Sierpinski a prouvé l'existence d'un espace (S) vérifiant $p_c\mathcal{G} \neq p_d\mathcal{G}$ ([5]); d'autre part, il y a des espaces homéomorphes d'un continu plan et vérifiant $p_c\mathcal{G} < p_s\mathcal{CG} > p_d\mathcal{G}$.

COROLLAIRE. — *Pour tout espace* (V) *localement connexe et infini vérifiant* $p_c\mathcal{CG} \leqq p_s\mathcal{CG}$, *on a* $p_c\mathcal{G} = p_s\mathcal{G}$.

En combinant le corollaire précédent avec quelques théorèmes dûs à différents auteurs (voir ci-après), on obtient un théorème liant la condition $p_s\mathcal{CG} \leqq \aleph_0$, nous l'appellerons *la condition de Souslin*, avec d'autres conditions intervenant dans la théorie des espaces abstraits; voici son énoncé :

THÉORÈME II. — *Pour tout espace de M. Hausdorff, localement connexe, parfaitement compact et vérifiant* $p_c\mathcal{CG} \leqq p_s\mathcal{CG}$, *les conditions suivantes*, 1°, 2°, ..., 7°, *sont deux à deux équivalentes;* 1° $p_s\mathcal{CG} \leqq \aleph_0$; 2° $p_c\mathcal{G} \leqq \aleph_0$; 3° *Tout ensemble clairsemé est au plus dénombrable;* 4° *Tout ensemble infini non dénombrable contient un point de condensation;* 5° *Tout ensemble jouit de la propriété de Lindelöf* ([6]); 6° *Tout* G ($\equiv$ ensemble ouvert) *est un* F_σ ($\equiv$ somme d'une infinité dénombrable d'ensembles fermés) ([7]); 7° F *étant un ensemble fermé quelconque, il y a une fonction réelle* $f(x)$ *continue partout* (dans l'espace) *et vérifiant* $\mathrm{F} \equiv \mathrm{E}[f(x) = 0]$ ([8]).

([3]) Nous dirons qu'une famille ramifiée $\mathcal{F}$ d'ensembles est un *tableau ramifié d'ensembles décroissants* (*croissants*) si, pour tout $\mathrm{A} \varepsilon \mathcal{F}$, la famille des $\mathrm{X} \varepsilon \mathcal{F}$ vérifiant $\mathrm{X} \supset \mathrm{A}$ ($\mathrm{X} \subset \mathrm{A}$) est bien ordonnée par rapport à $\supset$ ($\subset$).

([4]) Cf. la Note des *Comptes rendus*, **202**, 1936, p. 185.

([5]) Voir *Fund. Math.*, **2**, 1921, p. 185.

([6]) Pour les conditions 2°, 3°, 4° et 5°, voir le travail précité de M. Sierpinski (voir aussi K. KUNUGUI, *Fund. Math.*, **21**, 1933, p. 244-249).

([7]) Voir P. ALEXANDROFF, P. URYSOHN, *Proc. Acad. Amsterdam*, **14**, 1929, p. 39.

([8]) Voir N. VEDENISSOFF, *Fund. Math.*, **27**, 1936, p. 234-238.

Pour tout espace ordonné connexe, les conditions 1°, 2°, ..., 7° *sont deux à deux équivalentes.*

Pour que tout espace ordonné connexe vérifiant la condition de Souslin $p_s \mathcal{C}\mathcal{G} \leqq \aleph_0$ — *donc aussi les conditions* 2°, ..., 7° — *vérifie encore* $p_d \mathcal{G} \leqq \aleph_0$, *il faut et il suffit que la réponse au problème de Souslin soit affirmative.*

Condition C_0. — Désignons par C_0 la condition suivante (vérifiée ou non par un espace) :

Il y a une famille au plus dénombrable d'ensembles clairsemés (de l'espace) *dont la réunion est partout dense* (dans l'espace).

Je ne sais pas si C_0 équivaut à K_0; toutefois, il est légitime de remplacer K_0 par C_0 dans chacun des énoncés insérés dans la Note des *Comptes rendus*, 203, 1936, p. 1049; c'est une conséquence de l'égalité $p_c \mathcal{G} = \aleph_0$ vérifiée par tout espace ordonné connexe tel que $p_s \mathcal{G} = \aleph_0$.

Problème d'inertie. — $\mathcal{F}$ *étant une famille d'ensembles vérifiant* $p_c \mathcal{F} = p_d \mathcal{F}$, *a-t-on nécessairement* $p_c \mathcal{F}_\sigma = p_d \mathcal{F}_\sigma$ (9)?

La réponse affirmative au problème précédent en entraîne une au problème de Souslin. En effet, $\mathcal{F}$ désignant la famille des ensembles ouverts connexes d'un espace ordonné connexe quelconque vérifiant $p_s \mathcal{G} = \aleph_0$, on a, d'une part, $p_c \mathcal{F} = p_d \mathcal{F} = \aleph_0$, $p_c \mathcal{G} = \aleph_0$, $\mathcal{G} \equiv \mathcal{F}_\sigma$, et, de l'autre, la relation $p_d \mathcal{G} = \aleph_0$ entraîne la réponse affirmative au problème de Souslin.

Je remarque que la réponse affirmative au problème d'inertie entraîne l'égalité $p_c B = p_d B$ pour chaque classe B de M. Borel d'ensembles de nombres réels (remarquons que la relation $2^{\aleph_0} = \aleph_1$ entraîne $p_c B = p_d B$).

Ajoutons que, $\mathcal{F}$ désignant la famille des ensembles formés de nombres réels, MM. Lusin, Sierpinski et Hausdorff ont fait récemment de profondes recherches relatives aux nombres $p_c \mathcal{F}_\sigma$ et $p_d \mathcal{F}_\sigma$ (10). Alors que, d'après un théorème fondamental dû à Baire, on a $p_c \mathcal{F} = p_d \mathcal{F} = \aleph_0$, tout ce qu'on sait des nombres $p_c \mathcal{F}_\sigma$, $p_d \mathcal{F}_\sigma$, c'est que chacun d'eux est $> \aleph_0$.

---

(9) $\mathcal{F}_\sigma$ désigne la famille des ensembles $\sum_{n<\omega} A_n$, $(A_n \varepsilon \mathcal{F})$.

(10) Voir par exemple N. Lusin, *Suites stationnaires*, Paris, 1935, et W. Sierpinski, *Hypothèse du continu*, Varsovie, 1934, p. 118.

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Sur la théorie générale des fonctions polyharmoniques.* Note de M. I. **Privaloff**, présentée par M. Émile Borel.

Les résultats de cette Note se basent sur une définition nouvelle de fonction polyharmonique. D'abord nous donnons une définition nouvelle du paramètre différentiel polyharmonique. Cette définition est une généralisation de la définition ordinaire. Nous arrivons à cette définition par les considérations suivantes :

Soit $u(\mathfrak{X}) = u(x_1, x_2, \ldots, x_p)$ une fonction uniforme dans un certain domaine ouvert G d'espace à p dimensions et sommable dans tout domaine intérieur à G. En désignant par $\omega(\mathfrak{X}; h)$ le domaine d'une sphère de rayon h, ayant son centre au point $\mathfrak{X}$, nous considérons l'expression

$$\Delta_h u(\mathfrak{X}) = \frac{1}{\omega(h)} \int_{\omega(\mathfrak{X}; h)} u(\mathfrak{M})\, d\omega - u(\mathfrak{X}),$$

où l'intégration s'étend sur le domaine $\omega(\mathfrak{X}; h)$ limité par la surface de cette sphère.

En répétant l'opération Δ_h, n fois, nous trouvons l'expression $\Delta_h^n u(\mathfrak{X})$, déterminée aux points du domaine $\mathcal{D}_{nh} \subset \mathcal{D}$. Les expressions

$$\underline{\Delta}^{\star n} u(\mathfrak{X}) = \varliminf_{h \to 0} \left[\Delta_h^n u(\mathfrak{X}) : \frac{h^{2n}}{2^n (p+2)^n} \right],$$

$$\overline{\Delta}^{\star n} u(\mathfrak{X}) = \varlimsup_{h \to 0} \left[\Delta_h^n u(\mathfrak{X}) : \frac{h^{2n}}{2^n (p+2)^n} \right]$$

seront dits paramètres polyharmoniques généralisés inférieur respectivement supérieur de la fonction $u(\mathfrak{X})$ au point $\mathfrak{X}$.

Nous dirons que la fonction $u(\mathfrak{X})$ a un paramètre polyharmonique généralisé $\Delta^{\star n} u(\mathfrak{X})$ en un point $\mathfrak{X}$, si $\underline{\Delta}^{\star n}$ et $\overline{\Delta}^{\star n}$ coïncident et, par définition, nous posons dans ce cas

$$\Delta^{\star n} u(\mathfrak{X}) = \lim_{h \to 0} \left[\Delta_h^n u(\mathfrak{X}) : \frac{h^{2n}}{2^n (p+2)^n} \right].$$

Pour justifier cette définition nous avons démontré le théorème suivant :

Si la fonction $u(\mathfrak{X})$ a toutes dérivées partielles continues d'ordre $2n$ dans le domaine G, elle possède dans ce domaine le paramètre polyharmonique généralisé d'ordre n, égal au paramètre polyharmonique d'ordre n ordinaire.

Corollaire. — *La condition nécessaire et suffisante pour qu'une fonction*

$u(\mathfrak{T})$, *sommable à l'intérieur du domaine* $\mathcal{D}$, *soit polyharmonique d'ordre n dans ce domaine est la suivante* :

Quel que soit un domaine G', $\overline{G'} \subset G$, pour tous points $\mathfrak{T}$ de ce domaine, l'expression

$$(a) \qquad \Delta_h u(\mathfrak{T}) = \frac{1}{\omega(h)} \int_{\omega(\mathfrak{T};h)} u(\mathfrak{M})\, d\omega - u(\mathfrak{T})$$

représente une fonction polyharmoniqne d'ordre $n-1$, h étant un nombre positif quelconque suffisamment petit.

Maintenant nous donnerons certaines applications des définitions précédentes à la théorie générale des fonctions polyharmoniques.

THÉORÈME I. — *Si une suite de fonctions* $\{u_k(\mathfrak{T})\}$, *polyharmoniques d'ordre n dans un domaine* G, *converge uniformément à l'intérieur de* G, *alors la fonction limite* $u(\mathfrak{T})$ *sera polyharmonique d'ordre n dans* G.

THÉORÈME II. — *Si une suite de fonctions* $\{u_k(\mathfrak{T})\}$, *polyharmoniques d'ordre n dans un domaine* G *converge, uniformément à l'intérieur de* G, *vers une fonction limite* $u(\mathfrak{T})$ *alors la suite dérivée quelconque* $\{D\,u_k(\mathfrak{T})\}$ *sera aussi converger, uniformément à l'intérieur de* G, *vers la dérivée* $D\,u(\mathfrak{T})$ *correspondante.*

THÉORÈME III. — *Si une famille de fonctions* $\{u(\mathfrak{T})\}$, *polyharmoniques d'ordre n dans un domaine* G *est bornée à l'intérieur de* G, *alors cette famille sera compacte à l'intérieur de* G.

THÉORÈME IV. — *Si une fonction, polyharmonique dans tout l'espace, est bornée, alors cette fonction sera une constante.*

THÉORÈME V. — *Si une suite de fonctions* $\{u_k(\mathfrak{T})\}$, *polyharmoniques d'ordre n dans un domaine* G, *est bornée à l'intérieur de* G *et converge dans un certain domaine g*, $\overline{g} \subset G$, *alors cette suite converge uniformément à l'intérieur de* G *vers une fonction polyharmonique d'ordre n.*

Considérons la classe K_n de toutes fonctions, vérifiant les conditions suivantes :

1° Les fonctions de K_n sont polyharmoniques d'ordre n dans un domaine G;

2° Pour chaque fonction u de K_n on a

$$\Delta^s u \geqq 0 \qquad (s < n, \text{ impaire}),$$
$$\Delta^s u \leqq 0 \qquad (s < n, \text{ paire}).$$

THÉORÈME I. — *Si une famille* E *de* K_n *est bornée supérieurement à l'intérieur de* G, *alors cette famille sera normale à l'intérieur de* G.

THÉORÈME II. — *Si une fonction de* K_n *est bornée supérieurement dans tout l'espace, alors cette fonction sera une constante.*

THÉORÈME III. — *Si une suite de fonctions, appartenant à* K_n, *est bornée supérieurement à l'intérieur de* G *et converge dans un certain domaine* g, $\bar{g} \subset G$, *alors cette suite converge uniformément à l'intérieur de* G *vers une fonction limite de* K_n.

THÉORÈME IV. — *Si une suite de fonctions, appartenant à* K_n *est décroissante, alors la fonction limite de cette suite appartient à* K_n, *ou identiquement égale à* $-\infty$. *La convergence de cette suite sera uniforme à l'intérieur de* G.

HYDRAULIQUE. — *Recherches sur les moulinets hydrométriques.* Note [1] de MM. **Léopold Escande** et **Georges Sabathé**, transmise par M. Charles Camichel.

Dans la présente Note, nous allons passer en revue divers résultats obtenus dans la suite des recherches [2] que nous avons effectuées sur les moulinets hydrométriques.

I. On sait que l'un des procédés de tarage des moulinets par déplacement de l'appareil en eau calme utilise la rotation d'un manège à axe vertical. Dans ces conditions, le mouvement du moulinet n'est assimilable à une translation que d'une manière approximative, l'approximation étant d'autant plus exacte que le diamètre du manège est plus grand.

Nous avons voulu nous rendre compte des erreurs inhérentes à ce procédé, dans le cas d'un manège de diamètre relativement faible, entraînant le moulinet dans un bassin de grandes dimensions et de profondeur notable.

Les résultats obtenus sont représentés sur la figure 1, dans laquelle on a $\varepsilon = (V_M - V)/V$, V_M étant la vitesse du moulinet fixé au manège et V la vitesse du moulinet, dans le tarage par translation, pour une même vitesse de rotation de l'hélice. R étant le rayon en mètres de la circonférence décrite par le moulinet, on voit que l'erreur commise dans le tarage au manège, toujours par excès, et augmentant à mesure que R diminue, est loin d'être négligeable, pour les valeurs de R mises en jeu.

II. Dans les mesures de débit, on est souvent amené, lorsqu'il existe dans

(1) *Comptes rendus*, 203, 1936, p. 922.

(2) Séance du 25 janvier 1937.

ces régions de l'écoulement un gradient de vitesse élevé, à placer les appareils de mesure très près des parois d'un canal d'amenée ou d'une conduite forcée. Pour nous rendre compte de l'importance des erreurs susceptibles

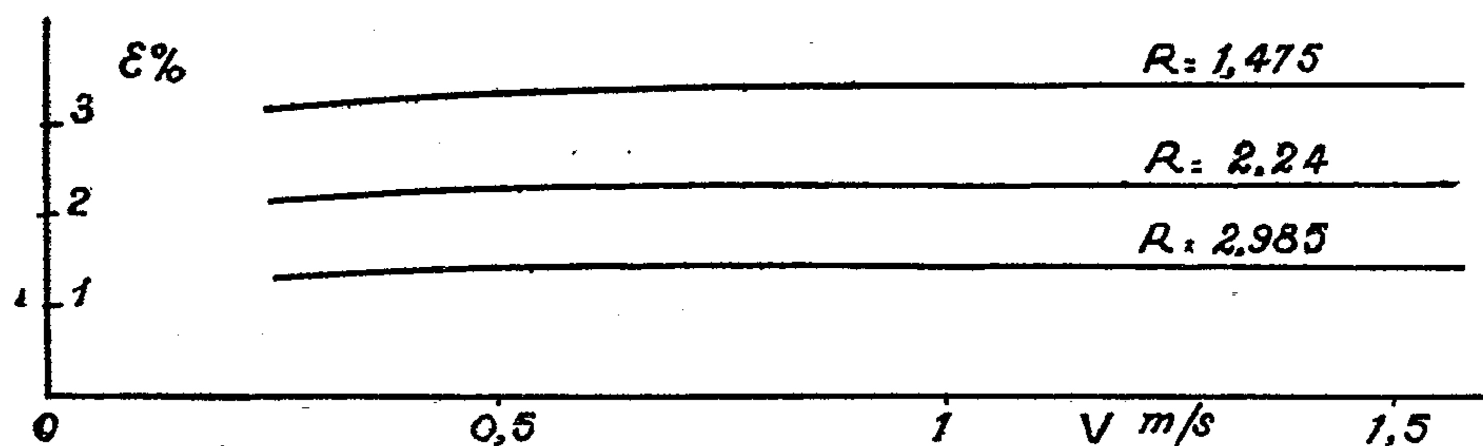


Fig. 1.

d'être introduites de ce fait, nous avons étudié les indications fournies par un moulinet taré par translation dans notre canal d'essai en suivant une trajectoire très voisine de l'une des parois. La figure 2 montre les résultats

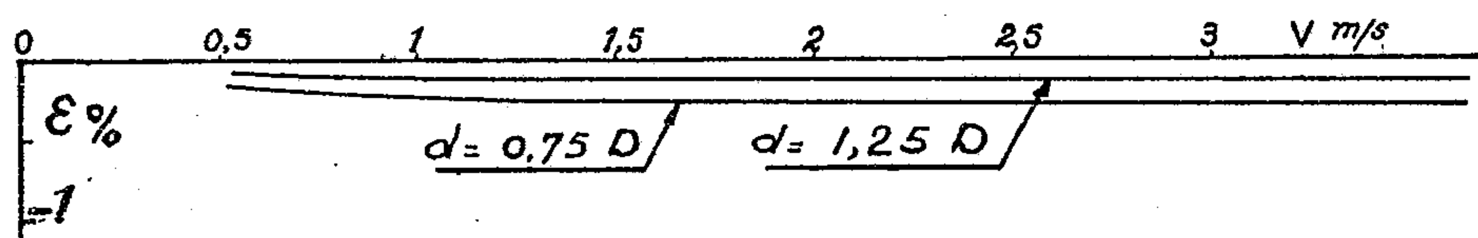


Fig. 2.

obtenus : les distances d de l'axe du moulinet à la paroi sont exprimées en fonction du diamètre D de l'appareil; l'erreur $\varepsilon = (V_p - V)/V$ (la vitesse de translation du moulinet étant V_p près de la paroi, et V en milieu infini,

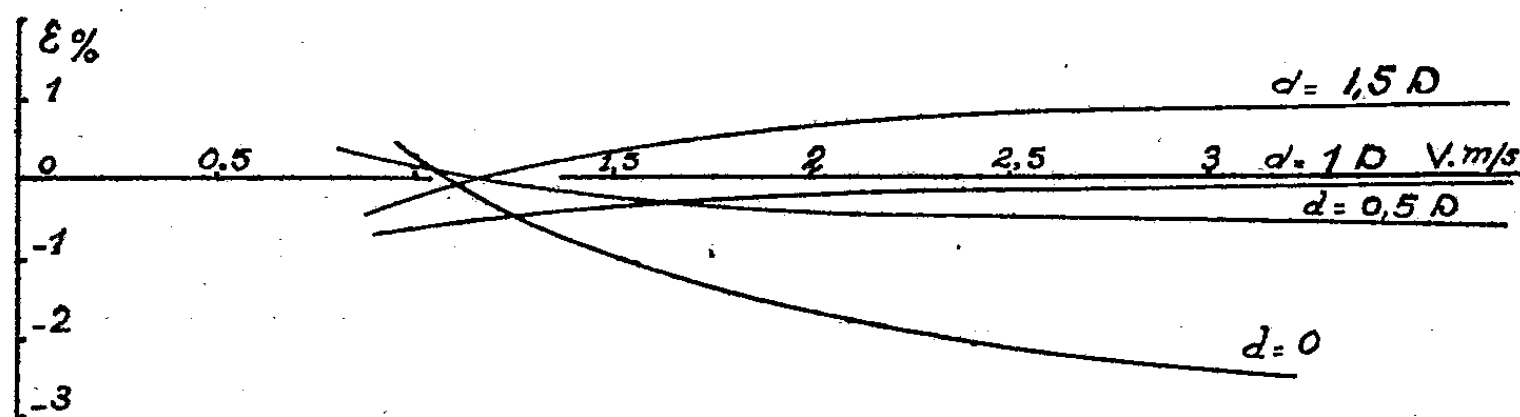


Fig. 3.

pour un même nombre de tours/seconde) est toujours très faible. Il ne semble donc pas que cet élément soit susceptible d'introduire une erreur appréciable dans les déterminations de débit.

III. Une question analogue se pose pour des moulinets placés au voisinage immédiat d'une surface libre.

La figure 3 montre les résultats obtenus dans ce cas par une méthode analogue à celle qui vient d'être exposée au deuxième paragraphe. Les distances *d* sont comptées de l'axe du moulinet au plan de la surface libre ; l'erreur ε est donnée par la formule $\varepsilon = (V_s - V)/V$, dans laquelle V_s est la vitesse à laquelle on entraîne le moulinet au voisinage de la surface libre, et V sa vitesse d'entraînement dans le tarage en milieu infini, pour un même nombre de tours/seconde de l'hélice. On voit que l'erreur change de signe suivant la profondeur d'immersion de l'appareil.

Les résultats précédents ont été obtenus avec un moulinet Ott, type Arkansas, n° 5225. Nous avons obtenu des résultats analogues avec un moulinet Richard G. M. n° 69.

THÉORIE DE LA RELATIVITÉ. — *La théorie unitaire des champs proposée par M. Vranceanu.* Note [1] de M. **Kentaro Yano**, présentée par M. Élie Cartan.

M. Vranceanu [2] a proposé d'interpréter les espaces considérés par MM. Kaluza [3], Klein [4], Einstein et Mayer [5] pour établir une théorie unitaire des champs, gravitationnel et électromagnétique, comme une hypersurface V_5^4 non holonome [6] dans un espace de Riemann V_5.

Il considère l'espace-temps comme une hypersurface V_5^4 définie par $ds^5 = 0$ dans un espace de Riemann dont la métrique est donnée par la formule

$$d\sigma^2 = G_{\lambda\mu}\, dx^\lambda\, dx^\mu = -(ds^1)^2 - (ds^2)^2 - (ds^3)^2 + (ds^4)^2 + (ds^5)^2$$
$$(\lambda, \mu, \ldots = 1, 2, 3, 4, 5).$$

Mais M. Vranceanu emploie implicitement la condition que tous les coefficients des formes de Pfaff $ds^\alpha(\alpha, \beta, \ldots = 1, 2, 3, 4, 5)$ et par suite de la forme quadratique ne contiennent pas la variable x^5 (condition

(1) Séance du 25 janvier 1937.

(2) G. Vranceanu, *Comptes rendus*, 200, 1935, p. 2056; *C. R. des Séances de l'Acad. des Sc. de Roumanie*, 1, 1936, p. 8.

(3) I. Kaluza, *Sitzungsberichte preuss. Akad. Wiss.*, 1921, p. 966.

(4) O. Klein, *Zeitschrift für Physik*, 37, 1926, p. 895 et 46, 1931, p. 188.

(5) A. Einstein et W. Mayer, *Sitzungsberichte preuss. Akad. Wiss.*, 1931, p. 541.

(6) G. Vranceanu, *Les espaces non holonomes* (*Mémorial des Sci. Math.*, 76, 1936).

cylindrique), celle que les formes de Pfaff $ds^a (a, b, \ldots = 1, 2, 3, 4)$ ne contiennent pas la différentielle dx^5 et enfin celle que ds^5 est de la forme $\varphi_i dx^i + dx^5$ c'est-à-dire $G_{55} = 1$. Dans cette Note, je voudrais préciser les conditions posées implicitement par M. Vranceanu.

Considérons d'abord un espace de Riemann V_5 dans lequel le carré de la distance entre deux points infiniment voisins est donné par

$$d\sigma^2 = G_{\lambda\mu} dx^\lambda dx^\mu. \tag{1}$$

Nous supposons que cet espace admette un groupe de transformations infinitésimales défini par

$$x^{\lambda *} = x^\lambda + \xi^\lambda \partial t, \tag{2}$$

c'est-à-dire nous supposons que la transformation infinitésimale (2) ne change pas la métrique (1).

Pour que l'équation (2) définisse un groupe de transformations, il faut et il suffit que le vecteur ξ^λ satisfasse aux équations de Killing ([7]),

$$\xi^\lambda \frac{\partial G_{\mu\nu}}{\partial x^\lambda} + G_{\mu\lambda} \frac{\partial \xi^\lambda}{\partial x^\nu} + G_{\nu\lambda} \frac{\partial \xi^\lambda}{\partial x^\mu} = 0. \tag{3}$$

Cela étant, choisissons un système de coordonnées dans lequel ξ^λ a des composantes $\xi^\lambda = \delta^\lambda_5 (= 1$ ou 0 suivant que $\lambda = 5$ ou $\lambda \neq 5)$. Or, en substituant $\xi^\lambda = \delta^\lambda_5$ dans (3), nous obtenons $\partial G_{\lambda\mu}/\partial x^5 = 0$, d'où on conclut que les coefficients $G_{\lambda\mu}$ ne contiennent pas la variable x^5 dans ce système de coordonnées. De plus, imaginons que la transformation infinitésimale $x^{\lambda *} = x^\lambda + \delta^\lambda_5 \delta t$ déplace tous les points d'une même distance. Mais le carré de la longueur du vecteur infinitésimal $\delta^\lambda_5 \delta t$ est donnée par $G_{55}(\delta t)^2$. Donc G_{55} doit être une constante. Par conséquent, il existe des systèmes de coordonnées dans lesquels tous les $G_{\lambda\mu}$ sont indépendants de la variable x^5 et $G_{55} = 1$.

Pour rester dans le système de coordonnées de cette sorte, nous ne considérons dans la suite que les transformations de coordonnées de la forme

$$\overline{x}^5 = x^5 + f(x^i), \quad x^i = \overline{x}^i(x^j) \qquad (i, j, \ldots, = 1, 2, 3, 4). \tag{4}$$

Cela dit, définissons une hypersurface non holonome V_5^4 par $\xi_\lambda dx^\lambda = 0$ qui n'est pas complètement intégrable; cette équation s'écrit

$$\varphi_i dx^i + dx^5 = 0 \qquad (G_{i5} = \varphi_i,\ G_{55} = 1), \tag{5}$$

([7]) W. Killing, *Journal für reine und angew. Math.* (*Crelle*), 109, 1892, p. 121.

où φ_i est un vecteur à quatre composantes, parce que G_{ij}, G_{i5} et G_{55} se transforment comme tenseur, vecteur et scalaire respectivement dans un espace à quatre dimensions par rapport à la transformation de coordonnées (4). Mais φ_i ne se détermine qu'à un vecteur gradient près, parce que, pendant la transformation $\overline{x}^5 = x^5 + f(x^i)$, φ_i se transforme en $\varphi_i + \partial f / \partial x^i$; ce fait autorise à représenter par φ_i le potentiel-vecteur électromagnétique.

Nous avons ainsi les matrices des composantes des cinq vecteurs contrevariants unitaires et orthogonaux entre eux p^λ_α, $p^\lambda_5 = \xi^\lambda (= \delta^\lambda_5)$ et des cinq vecteurs q^α_λ réciproques aux p^λ_α, c'est-à-dire satisfaisant aux $p^\lambda_\alpha q^\alpha_\mu = \delta^\lambda_\mu$,

$$(6)\qquad \begin{Vmatrix} p^1_1 & p^1_2 & p^1_3 & p^1_4 & 0 \\ p^2_1 & p^2_2 & p^2_3 & p^2_4 & 0 \\ p^3_1 & p^3_2 & p^3_3 & p^3_4 & 0 \\ p^4_1 & p^4_2 & p^4_3 & p^4_4 & 0 \\ -\varphi_i p^i_1 & -\varphi_i p^i_2 & -\varphi_i p^i_3 & -\varphi_i p^i_4 & 1 \end{Vmatrix}, \quad \begin{Vmatrix} q^1_1 & q^1_2 & q^1_3 & q^1_4 & 0 \\ q^2_1 & q^2_2 & q^2_3 & q^2_4 & 0 \\ q^3_1 & q^3_2 & q^3_3 & q^3_4 & 0 \\ q^4_1 & q^4_2 & q^4_3 & q^4_4 & 0 \\ \varphi_1 & \varphi_2 & \varphi_3 & \varphi_4 & 1 \end{Vmatrix},$$

où

$$p^i_a q^a_j = \delta^i_j, \qquad p^i_a q^b_i = \delta^b_a.$$

En vertu des vecteurs q^α_λ, on peut écrire (1) sous la forme

$$d\sigma^2 = G_{\lambda\mu}\, dx^\lambda\, dx^\mu = -(ds^1)^2 - (ds^2)^2 - (ds^3)^2 + (ds^4)^2 + (ds^5)^2$$

où

$$ds^a = q^a_i\, dx^i, \qquad ds^5 = \varphi_i\, dx^i + dx^5.$$

Nous avons ainsi obtenu une décomposition de la forme quadratique (1)

$$(7)\qquad d\sigma^2 = G_{\lambda\mu}\, dx^\lambda\, dx^\mu = g_{ij}\, dx^i\, dx^j + (\varphi_i\, dx^i + dx^5)^2,$$

où g_{ij} et φ_i ne sont fonctions que des variables x^1, x^2, x^3 et x^4 et représentent les champs, gravitationnel et électromagnétique, respectivement.

De l'équation (7), on a

$$G_{ij} = g_{ij} + \varphi_i\varphi_j, \qquad G_{5i} = \varphi_i \qquad \text{et} \qquad G_{55} = 1,$$

formules utiles pour calculer les symboles de Christoffel dans V_5.

Je terminerai cette Note en remarquant que ce que je viens d'exposer ici peut s'appliquer à la théorie que M. Hoffmann[8] a développée en partant des cas considérés par MM. Kaluza, Klein, Einstein et Mayer.

---

(8) B. Hoffmann, *The Quaterly Journal of Mathematics*, 7, 1936, p. 20 et 32.

ASTRONOMIE PHYSIQUE. — *Sur les novæ et les naines blanches.* Note (1) de M. **Emile Sevin**, présentée par M. Ernest Esclangon.

Les acquisitions récentes de la science conduisent à penser que, chaque électron étant venu à se combiner avec un proton, l'intérieur des naines blanches peut être composé uniquement de neutrons. Nous allons appliquer cette manière de voir à l'étude du compagnon de Sirius : nous désignerons par des lettres ordinaires les grandeurs relatives à cet astre, et par des lettres primées les grandeurs correspondantes applicables au Soleil.

L'observation fournit trois éléments d'appréciation. En représentant la masse par M, la luminosité par L et la température effective par T_e, on a ainsi approximativement : $M/M' = 0{,}80$, $L/L' = 1/360$, $T_e/T'_e = 4/3$. La relation de Sir A. Eddington, entre la masse et la luminosité, fait intervenir une constante C, le poids moléculaire moyen μ et un certain paramètre auxiliaire β; écrivons cette relation, ainsi que la formule qui lie β au rapport des masses (2) :

$$L = CM^{\frac{7}{5}}(1-\beta)^{\frac{3}{2}}\mu^{\frac{4}{5}}T_e^{\frac{4}{5}}, \qquad 1-\beta = 0{,}00309\left(\frac{M}{M'}\right)^2\mu^4\beta^4.$$

On en tire

$$L = CM^{\frac{7}{5}}(0{,}00309)^{\frac{3}{2}}\left(\frac{M}{M'}\right)^3\mu^{\frac{34}{5}}\beta^6 T_e^{\frac{4}{5}},$$

et l'on obtient pour le rapport des luminosités

$$\frac{L}{L'} = \left(\frac{M}{M'}\right)^{\frac{22}{5}}\left(\frac{\mu}{\mu'}\right)^{\frac{34}{5}}\left(\frac{\beta}{\beta'}\right)^6\left(\frac{T_e}{T'_e}\right)^{\frac{4}{5}}.$$

C'est ici que se présente une importante particularité : alors que, pour la matière ionisée du Soleil, μ' est égal à 2,11, μ ne vaut que l'unité pour les neutrons du compagnon; c'est ce qui va entraîner l'accord avec les données résultant de l'observation. Tenant compte des valeurs de L/L' et de T_e/T'_e rappelées ci-dessus, du nombre calculé par Sir A. Eddington pour β', soit 0,9501, et de ce que β, obtenu par approximations succes-

(1) Séance du 25 janvier 1937.

(2) Voir A. S. Eddington, *Month. Not.*, 84, 1924, p. 308; *The Internal Constitution of the Stars*, Cambridge 1926; M. C. Bialobrzeski, *La Thermodynamique des Étoiles*, Paris, 1931.

sives, vaut 0,9983

$$\frac{M}{M'} = \left[\frac{2,11^{\frac{34}{5}}}{360}\left(\frac{0,9501}{0,9983}\right)^6\left(\frac{3}{4}\right)^{\frac{4}{5}}\right]^{\frac{5}{22}} = 0,74.$$

Ainsi la relation masse-luminosité est valable pour le compagnon de Sirius, alors qu'on avait pensé qu'elle ne lui était aucunement applicable.

Calculons le rapport T_c/T'_c des températures centrales. Pour cela, appliquons tout d'abord la loi de Stefan; R et R' étant les rayons et σ la constante qui intervient,

$$\frac{L}{L'} = \frac{4\pi R^2 \sigma T_e^4}{4\pi R'^2 \sigma T_e'^4} = \frac{R^2}{R'^2}\,\frac{T_e^4}{T_e'^4}.$$

Puis recourons à l'équation qui caractérise l'équilibre radiatif; en désignant respectivement par G et par $\mathcal{K}$ la constante de gravitation et la constante des gaz,

$$\frac{T_c}{T'_c} = \frac{0,856\,G\mu\,\beta\,M/\mathcal{K}R}{0,856\,G\mu'\beta'M'/\mathcal{K}R'} = \frac{\mu}{\mu'}\,\frac{\beta}{\beta'}\,\frac{M}{M'}\,\frac{R'}{R}.$$

D'où

$$\frac{T_c}{T'_c} = \frac{\mu}{\mu'}\,\frac{\beta}{\beta'}\,\frac{M}{M'}\left(\frac{T_e}{T'_e}\right)^2\left(\frac{L'}{L}\right)^{\frac{1}{2}} = \frac{1}{2,11}\,\frac{0,9983}{0,9501}\,0,74\left(\frac{4}{3}\right)^2 360^{\frac{1}{2}} = 12,4.$$

Or la température centrale du Soleil, calculée par Sir A. Eddington, étant de 39 500 000°, on trouve pour celle du compagnon :

$$39\,500\,000^\circ \times 12,4 = 490\,000\,000^\circ.$$

Mais les naines blanches ne constitueraient-elles pas une série, analogue à la série principale [3], caractérisée par une diffusion de l'énergie interne grâce au spin des neutrons ? S'il en est ainsi, de par sa grande masse le compagnon de Sirius doit se trouver vers la tête de cette série, et l'exemple des étoiles de la série principale nous apprend qu'il faut alors s'attendre à ce que la température, en rapport avec la composante fondamentale du rayonnement, vaille environ les 3/4 de la température calculée ci-dessus, soit

$$490\,000\,000^\circ \times 3/4 = 367\,000\,000^\circ.$$

Reportons-nous maintenant à la formule qui, dans le problème des deux

---

(3) *Comptes rendus*, 204, 1937, p. 230.

corps, définit la masse $M_0/\sqrt{1 - V^2/c^2}$, dont l'action est équivalente à l'action combinée de l'électron et du proton

$$\frac{\sqrt{1-\frac{V^2}{c^2}}}{M_0} = \frac{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}}{m_0} + \frac{\sqrt{1-\frac{v'^2}{c^2}}}{m'_0}.$$

Dans cette formule, les termes du second membre représentent respectivement les inverses des masses transversales de l'électron et du proton, et l'on sait que le neutron correspond au cas limite où la vitesse V, qui est égale à $v + v'$, atteint la vitesse même de la lumière c (¹). Or

$$\left[\frac{\sqrt{1-\frac{V^2}{c^2}}}{M_0}\right]_{V=c} = \frac{0{,}1024}{m_0} + \frac{0{,}99999}{m'_0} = \frac{0{,}1029}{m_0};$$

il s'ensuit que le spin du neutron est en rapport avec une masse $m_0/0{,}1029$ et, par conséquent, que la température associée à la composante fondamentale de son spectre de diffusion est de $33000000°/0{,}1029 = 321000000°$. L'accord est tout à fait satisfaisant si l'on songe à l'incertitude qui règne sur les valeurs réelles à attribuer à L/L' et à T_e/T'_e.

Il apparaît donc bien que les naines blanches forment une série semblable à la série principale; après refroidissement elles seront constituées de « neutron » solide, analogue à de l'hydrogène solide mais de densité environ 6×10^{15} fois plus grande. On voit encore qu'entre les deux séries la continuité n'existe pas; le passage de l'une à l'autre ne peut s'effectuer que par un ou plusieurs cataclysmes, d'où le phénomène des *novæ*.

ASTRONOMIE PHYSIQUE. — *Étude photoélectrique de la couleur du ciel nocturne*. Note (¹) de M. **Raymond Grandmontagne**, transmise par M. Charles Fabry.

On sait depuis longtemps que le ciel nocturne n'est pas bleu. Mais, tandis que les mesures photographiques ont conduit à des répartitions plus ou moins comparables à celle du rayonnement solaire direct (²), les mesures

(¹) Pour la théorie du neutron, voir *Comptes rendus*, 200, 1935, p. 1744 et 2070, et *Revue générale de l'Électricité*, 39, 1936, p. 218.

(¹) Séance du 28 décembre 1936.

(²) J. Dufay, *Bulletin de l'Observatoire de Lyon*, 10, 1928, p. 111; Lord Rayleigh, *Proceedings of the Royal Society of London*, A, 99, 1921, p. 11.

visuelles de Lord Rayleigh ont montré en 1924 que la *couleur* du ciel nocturne devait être comparée à celle d'une lampe demi-watt ([3]).

J'ai repris l'étude de cette question avec le photomètre enregistreur photoélectrique que j'ai construit pour l'étude des variations de la brillance du ciel nocturne ([4]). Une cellule photoélectrique au césium sur argent oxydé très bien isolée, exposée à la lumière du ciel nocturne prise dans un grand angle solidé, débite sur une résistance de 10^{12} ohms. Un électromètre Dolézalek mesure la différence de potentiel aux bornes de cette résistance. Devant la cellule défilent des filtres colorés qui partagent le spectre en trois régions :

Bleue : BG4, 1^{mm}. Transmission $3500 < \lambda < 5000$ Å ; maximum 0,80 à 4000 Å.
Verte : BG11,8^{mm} ; VG1, 1^{mm}, OG1, 2^{mm}. Transmission $5300 < \lambda < 5650$ Å ; maximum 0,35 à 5475 Å.
Rouge : OG2, 4^{mm}. Transmission $5650 < \lambda$; maximum 0,99 pour $\lambda > 5800$ Å.

J'ai admis comme limite efficace de la sensibilité de la cellule vers le rouge 9000 Å.

La déviation de l'électromètre est enregistrée photographiquement sur un cylindre faisant un tour en 12 heures, situé à 1^{m}. Les déviations obtenues à travers les filtres sont de 5^{cm} en moyenne. Les tensions employées sur la cellule et sur l'électromètre n'ont jamais dépassé 20 volts ce qui indique que l'appareil pourrait avoir une sensibilité plus poussée s'il en était besoin. La cellule, les piles, l'électromètre et la résistance sont enfermés dans des compartiments métalliques réunis au sol. Un dispositif d'étalonnage comprend une lampe à filament de tungstène fonctionnant à résistance constante : la lampe est une des branches d'uu pont de de Weastone dont les autres branches ont des résistances en constantan ([5]). La température de couleur du filament mesurée au pyromètre est 2113° K $\pm 10^{\circ}$.

L'appareil a été utilisé au Pic du Midi de Bigorre en août 1936 puis à Saint-Genis-Laval (Observatoire de Lyon) pour comparer l'émission du ciel nocturne avec la lampe étalon. Aussi bien pour le ciel que pour la lampe, on doit recouvrir le filtre rouge d'un écran neutre de densité 1 pour amener les déviations à être du même ordre de grandeur dans le

([3]) Lord Rayleigh, *Proc. Royal Society of London*, A, **106**, 1924, p. 117.
([4]) R. Grandmontagne, *Compte rendu* 68e *Cong. des Sociétés Savantes*, 1935, p. 113.
([5]) G. Ribaud, *Traité de Pyrométrie*, Paris, 1931.

rouge et dans le bleu. Les résultats numériques montrent mieux encore l'importance du rouge. On ne peut certes pas assimiler le ciel nocturne à un corps noir, les distributions des énergies dans le spectre étant très différentes; mais on peut, à titre d'indication, calculer la température du corps noir, qui, à travers les filtres indiqués, donnerait les mêmes déviations. C'est ce que j'appelle température de couleur du ciel nocturne. J'ai admis comme longueurs d'onde d'efficacité maximum pour les filtres, respectivement : 4250 Å, 5475 Å, 7325 Å. La température de couleur trouvée est alors 2280° K environ. Le ciel nocturne apparaît ainsi notablement plus rouge que ne l'avaient signalé les auteurs antérieurs, la détermination visuelle de Lord Rayleigh étant celle qui se rapprocherait le plus de ce résultat (2800° K).

Les mêmes résultats peuvent s'exprimer différemment :

Les énergies moyennes reçues à travers les trois filtres sont dans le rapport

$$\text{Bleu} = 1, \qquad \text{Vert} = 1{,}74, \qquad \text{Rouge} = 83.$$

Pour un corps noir à 5500° K, pris comme source de lumière blanche, on a

$$\text{Bleu} = 1, \qquad \text{Vert} = 0{,}255, \qquad \text{Rouge} = 2{,}29$$

pour les mêmes bandes spectrales définies par les filtres employés.

Il en résulte que, si l'on fait le rapport : ciel nocturne/corps noir à 5500°, on trouve pour les trois bandes examinées :

$$\text{Bleu} = 1, \qquad \text{Vert} = 6{,}8, \qquad \text{Rouge} = 36.$$

Sous cette forme encore on voit l'importance considérable des radiations rouges et du proche infrarouge.

Récemment Léontovski ([6]) a examiné quelle serait la couleur de la lumière provenant de la multitude des nébuleuses extragalactiques lointaines qui tapissent le ciel dans l'hypothèse de Milne. La courbe trouvée donne un maximum vers 7500 Å. La lumière rouge observée dans le ciel est beaucoup plus considérable que la proportion attribuable aux nébuleuses extragalactiques. L'origine doit probablement en être recherchée dans la présence des nombreuses bandes d'émission signalées dans le

([6]) M. Léontovski, *Nature*, 137, n° 3474, 1936, p. 904.

rouge ([7]) et dans le rouge extrême. [J. Dufay signale une bande intense vers 7600 Å et J. Cabannes a pu photographier des bandes d'émission jusque vers 8330 Å ([8])].

ONDES HERTZIENNES. — *Propagation des signaux radioélectriques entre deux points éloignés l'un de l'autre.* Note ([1]) de Mme **Irène Mihul** et de M. **Constantin Mihul**, présentée par M. Aimé Cotton.

M. Th. V. Ionescu et l'un d'entre nous ont établi une théorie de la propagation des ondes électriques courtes basée sur l'hypothèse que l'intervalle de temps τ entre deux chocs successifs d'un électron contre les molécules, dans un endroit donné de l'ionosphère, est le même pour tous les électrons ([2]). A l'aide de cette hypothèse nous avons expliqué la majorité des phénomènes observés lors des sondages radioélectriques de l'ionosphère sous l'incidence normale et lors des radiocommunications, en admettant que τ croît progressivement avec l'altitude h et qu'il n'y a qu'une seule couche de gaz ionisé dans l'ionosphère.

Récemment W. Crone, K. Krüger, G. Goubau et I. Zenneck ont mesuré les intervalles de temps nécessaires aux signaux radioélectriques pour aller de Berlin à Munich ou inversement. Ils ont observé à cette occasion que souvent les ondes de même longueur suivent deux chemins distincts en mettant à les parcourir des intervalles de temps différents et que la diminution progressive de l'ionisation ionosphérique constatée le soir, fait décroître leur différence, de sorte que les signaux se rapprochent et finissent par se confondre. Les courbes caractéristiques se trouvent dans les figures 6, 11, et 12 de leur travail ([3]).

Nous avons repris les calculs en partant des hypothèses mentionnées plus haut. Nous avons choisi une variation de τ avec h exprimée par les relations

$$h = 80 + 0{,}03\,\omega\tau \qquad \text{pour} \quad \omega\tau < 90^\circ$$

([7]) L. A. Sommer, *Zeitschrift für Physik*, 77, 1932, p. 374; H. Garrigue, *Comptes rendus*, 202, 1936, p. 1807.

([8]) J. Dufay, *Étude de la lumière du fond du ciel nocturne*, Paris, 1934, p. 39; J. Cabannes, *Journal de Physique*, 5, 7e série, 1934, p. 601.

([1]) Séance du 11 janvier 1937.

([2]) *Journal de Phys.*, 6, 1935, p. 388.

([3]) *Hochfrequenztechnik und Elektroakustik*, 48, 1936, p. 1.

et

$$h = 80{,}9801 + 0{,}00822\,(\omega\tau) + 0{,}000121\,(\omega\tau)^2 \quad \text{pour} \quad \omega\tau > 90^{\circ}$$

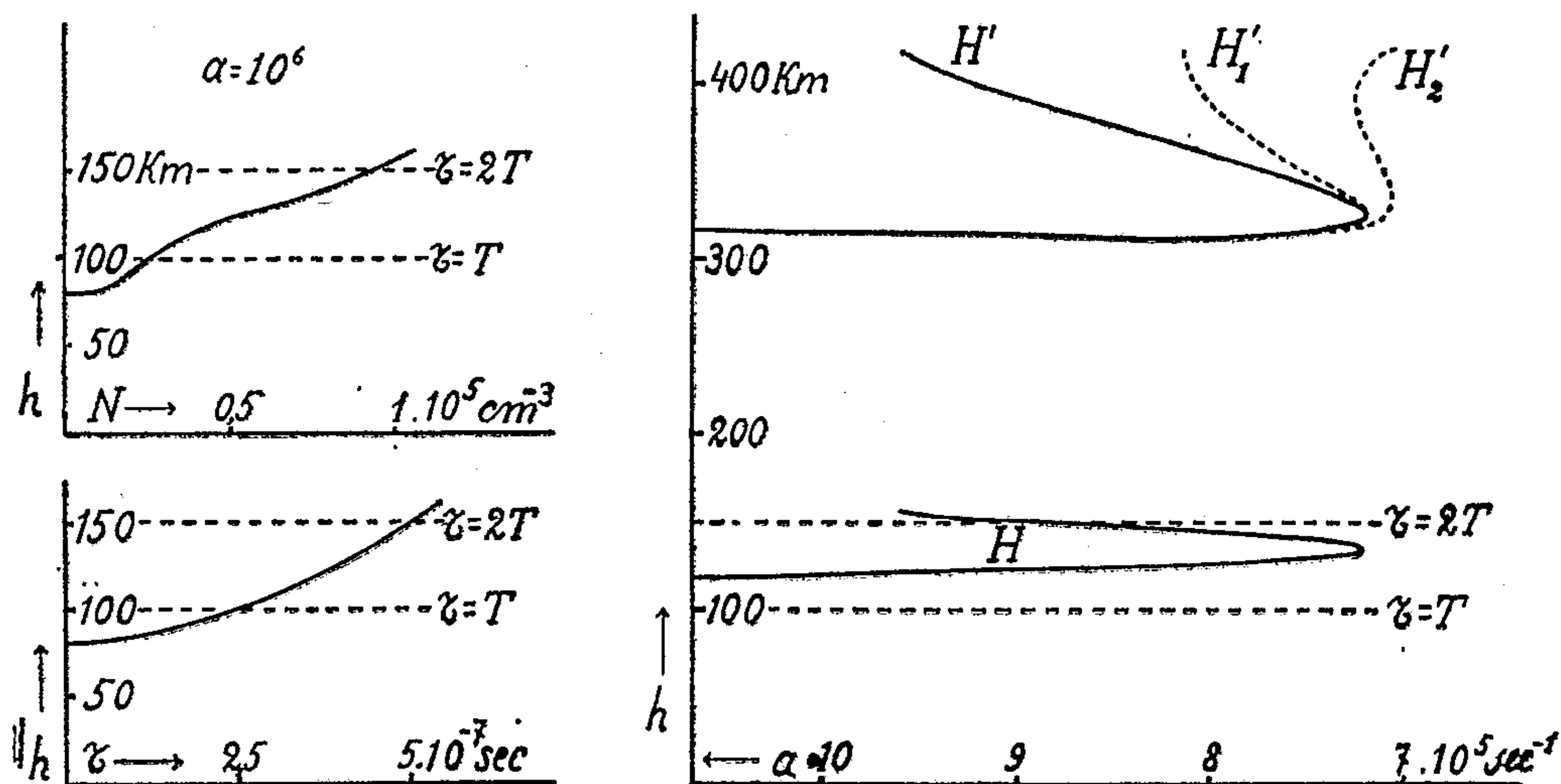
et les ionisations N données par la formule $Ne^2\lambda^2/\pi mc^2 = a.\tau.\varphi(\omega\tau)$ avec

$$\varphi(\omega\tau) = 1 - 0{,}00288\,(\omega\tau) + 0{,}000004\,(\omega\tau)^2 \quad \text{pour} \quad \omega\tau < 600^{\circ}$$

et

$$\varphi(\omega\tau) = -1{,}88 + 0{,}00672\,(\omega\tau) - 0{,}000004\,(\omega\tau)^2 \quad \text{pour} \quad \omega\tau > 600^{\circ}.$$

En attribuant au coefficient a les valeurs données par les abscisses de notre figure, nous avons calculé la constante délectrique, la conductibilité et



l'indice de réfraction du milieu pour $\lambda = 75^{m}$. Nous avons construit ensuite les trajectoires décrites par les ondes électriques entre deux points de la surface de la terre éloignés de 560^{km}. Nous avons trouvé que pour certaines ionisations les ondes peuvent suivre effectivement deux chemins distincts. Les flèches H de ces trajectoires sont données par les ordonnées de la courbe H. Pour comparer nos résultats avec les données d'expériences, nous avons calculé pour chaque trajectoire la grandeur qu'on mesure $H' = \int_0^{\mathrm{II}} \frac{c}{v}\,dl$, où c est la vitesse de la lumière dans le vide, dl est l'élément de chemin parcouru par le signal et v est sa vitesse. Les valeurs de H, sont données en ordonnées de la courbe H'. Si le point où la fonction $\varphi(\omega\tau)$ change de forme est déplacé plus haut vers $\omega\tau > 600^{\circ}$, la branche supérieure de la courbe H' prend la forme H'_1, puis H'_2, ... En

regardant ces courbes on est frappé par leur ressemblance avec les courbes expérimentales.

En regardant les courbes expérimentales on voit que leurs branches supérieures sont au moins aussi intenses que les branches inférieures, quoique les portions des chemins suivies dans l'ionosphère par les signaux supérieurs soient de beaucoup plus importantes que pour les signaux inférieurs. L'explication est que les premiers suivent dans l'ionosphère un chemin relativement long dans la région où le quotient dn/dh est positif et petit, c'est-à-dire près du canal ionosphérique où le coefficient d'absorption est petit. En conséquence l'absorption de ces signaux est sensiblement réduite par rapport à celle subie par les signaux inférieurs, dont les trajectoires sont éloignées du canal. Pour les ionisations plus grandes les signaux supérieurs font un parcours long plus haut là où l'absorption croît vite avec l'altitude. Pour ce motif la branche, supérieure de la courbe, après avoir subsisté avec une grande intensité disparaît d'une façon brusque.

Les conditions d'ionisation choisies par nous sont telles que la réflexion des signaux a lieu entre les hauteurs où $\tau > T$ et $\tau < 2T$, ou un peu plus haut. Le phénomène pourtant est général. En particulier on devrait avoir des courbes des mêmes formes en enregistrant les signaux réfléchis plus bas là où $\tau < T$; bien entendu pour des ionisations plus grandes ou pour des ondes plus longues. Cependant à cause de la variation rapide de τ avec h, dans ce cas les deux signaux suivent des chemins peu différents et l'on ne peut pas espérer leur séparation tant que l'ionisation croissante ne nous déplace loin vers la partie gauche de notre courbe. Mais alors, quand l'ionisation est propre pour donner des signaux séparés, l'absorption des ondes dans la partie inférieure de l'ionosphère devient trop grande et le signal supérieur, qui fait tout son chemin ionosphérique dans cette zone, subit une absorption trop grande pour qu'on puisse l'observer. Ainsi on conçoit pourquoi les auteurs cités n'ont pas enregistré de telles courbes pour la réflexion sur la couche dite E.

Farmer et Ratcliffe, recevant à Edimbourg des signaux émis à Cambridge sur des ondes à longueur variable [4] constatent la présence de deux signaux dont la différence de temps diminue quand la longueur d'onde porteuse décroît : ils obtiennent des courbes analogues à celles de Zenneck et ses collaborateurs. L'explication de ces résultats à l'aide de

[4] *Proc. Phys. Soc.*, 46, 1936, p. 839.

notre théorie est évidente d'après la signification du coefficient a. En effet la diminution de a peut être aussi bien produite par la diminution de λ que par celle de N.

SPECTROPHOTOMÉTRIE. — *Recherches spectrophotométriques sur la dilution et le mélange des vins.* Note de MM. **Augustin Boutaric**, **Louis Ferré** et de Mme **Madeleine Roy**.

Poursuivant nos recherches spectrophotométriques sur la couleur des vins ([1]), nous nous sommes proposé de rechercher s'il est vrai que, comme on l'admet assez généralement, la densité optique d'un vin dilué varie en raison inverse du degré de dilution, conformément à la loi de Beer.

1. La matière colorante des vins étant soluble dans l'alcool et insoluble dans l'eau, pour éviter toute précipitation de cette matière colorante, nous avons utilisé comme milieu diluant une solution alcoolique dont la teneur en alcool fût au moins égale à celle de tous les vins examinés et contenant 15 pour 100 en volume d'alcool.

Si la loi de Beer était applicable, la densité optique h devrait être proportionnelle à la concentration de la matière colorante de la solution considérée et par suite varier en raison inverse du volume v fourni après dilution par 1^{cm^3} de vin. On devrait donc avoir

$$h = \frac{A}{v}.$$

et le produit vh devrait garder une valeur constante au cours de la dilution. Le tableau suivant résume les mesures faites pour $\lambda = 540^{m\mu}$ sur la densité optique d'un certain nombre de vins pris sous des dilutions croissantes jusqu'à $v = 50$. La mesure de la densité optique pour les grandes dilutions a pu être faite avec précision grâce à l'emploi d'un jeu de cuves de diverses épaisseurs : 1, 5, 10 et 20^{cm}, la densité optique étant toujours ramenée à une épaisseur d'un centimètre.

	vh pour					
Vin.	$v = 1$.	$v = 2$.	$v = 5$.	$v = 10$.	$v = 20$.	$v = 50$.
Oberlin	25,60	18,80	15,00	13,70	11,48	9,55
Teinturier	11,70	9,72	8,45	7,64	7,64	6,85
Gamay-Beaujolais	7,52	6,74	6,65	6,30	6,14	6,15
Côtes-du-Rhône	6,16	4,90	4,50	4,20	4,20	3,85
Hermitage	5,50	5,50	5,50	5,45	5,38	5,15
Pinot	3,47	3,48	3,35	3,32	3,26	3,10

([1]) A. Boutaric, L. Ferré et M. Roy, *Comptes rendus*, 203, 1936, p. 1142.

Les graphiques représentant les produits vh en fonction de v montrent que, pour tous les vins et pour toutes les longueurs d'onde, le produit vh diminue à mesure que v croît, la diminution étant d'autant plus rapide que le vin est plus foncé, c'est-à-dire que la valeur de h pour $v = 1$ est plus grande.

2. Nous avons retrouvé des résultats analogues en diluant le vin avec l'eau distillée; dans ce cas, à cause du léger dépôt de matière colorante qui peut se produire au bout d'un certain temps dans le vin dilué, il est indispensable d'effectuer les mesures de densité optique aussitôt après la dilution.

3. De même, en mélangeant un vin coloré (Oberlin) et un vin plus clair (Pinot), nous avons constaté, pour un certain nombre de longueurs d'onde, que la densité optique était toujours inférieure à celle calculée d'après la règle des mélanges. Voici les résultats obtenus pour $\lambda = 520^{m\mu}$

Proportion pour 100 de Pinot......	0.	20.	40.	60.	80.	100.
h observé......................	25,30	15,95	12,75	9,15	6,30	3,34
h calculé......................	25,30	20,90	16,51	12,12	7,73	3,34

4. Enfin nous avons étudié comment se comporte une solution dans l'alcool à 50° de la matière colorante extraite des raisins frais du plan Oberlin lorsqu'on la dilue avec un mélange d'eau et d'alcool à 50 pour 100 d'alcool et, dans ce cas, nous avons constaté que la loi de Beer est pratiquement vérifiée.

Il semble naturel d'admettre que, dans la solution alcoolique ainsi envisagée, la matière colorante existe à l'état de simples molécules qui n'éprouvent pas de modifications importantes au cours de la dilution. Au contraire le vin doit être regardé comme une solution colloïdale dans laquelle la matière colorante se trouve à l'état de micelles complexes renfermant, en dehors de la matière colorante, un certain nombre d'autres constituants minéraux ou organiques des vins. Les résultats que nous avons obtenus s'interprètent simplement en admettant que l'équilibre entre les micelles et le liquide intermicellaire est troublé par la dilution et que les micelles se disloquent en fragments plus petits, ce qui entraîne une diminution de la densité optique plus rapide que ne l'indiquerait la loi de Beer.

RADIOACTIVITÉ. — *Sur la possibilité de l'existence de niveaux énergétiques équidistants dans les noyaux des corps radioactifs.* Note (1) de MM. **Salomon Rosenblum** et **Marcel Guillot**, présentée par M. Aimé Cotton.

Nous avons attiré l'attention (2) sur certaines régularités qui existent dans la succession des niveaux nucléaires; en particulier, nous avons montré qu'à la précision des mesures près toutes les différences énergétiques pour les rayons α du ThC étaient multiples de 164 et 144 ekV.

Dernièrement M. Oppenheimer (3) a proposé des schémas nucléaires pour les corps issus du ThB.

Le schéma $\mathrm{ThC} \overset{\beta}{\underset{\gamma}{\rightarrow}} \mathrm{ThC'}$ est en liaison avec les rayons α de *long parcours*. On a, d'après les mesures les plus récentes (4),

$$10745 - 8948 = 1797 \text{ ekV}, \qquad 9674 - 8948 = 726 \text{ ekV}.$$

On trouve

$$726\,(\alpha) > 144 \times 5 = 720 < 722\,(\gamma) \quad (^5), \qquad 1797\,(\alpha) > 11 \times 163 = 1793\,(\gamma).$$

Les nombres qui interviennent dans la transformation $\mathrm{ThC} \rightarrow \mathrm{ThC'}$, paraissent donc multiples de 144 et d'un nombre voisin de 164. M. Oppenheimer (3) admet, en plus, un niveau 1623 ekV, mais son attribution au ThC' est aléatoire, car son existence n'est pas confirmée par un rayonnement α de long parcours. (Remarquons toutefois que 1623 est voisin de 10×163.)

Signalons en outre que tous les niveaux attribués par cet auteur à la transformation $\mathrm{ThC''} \rightarrow \mathrm{ThPb}$ sont assez bien représentés par une combinaison de 164 et 145 (voir le schéma). On a en effet

$$2620 \simeq 164 \times 16 = 2624 \text{ ekV}, \qquad 510 \simeq 145 \times 7/2 = 507{,}5 \text{ ekV},$$
$$2895 \simeq 145 \times 20 = 2900 \text{ »}, \qquad 582 \simeq 145 \times 4 = 580 \text{ »}.$$

(1) Séance du 28 janvier 1937.

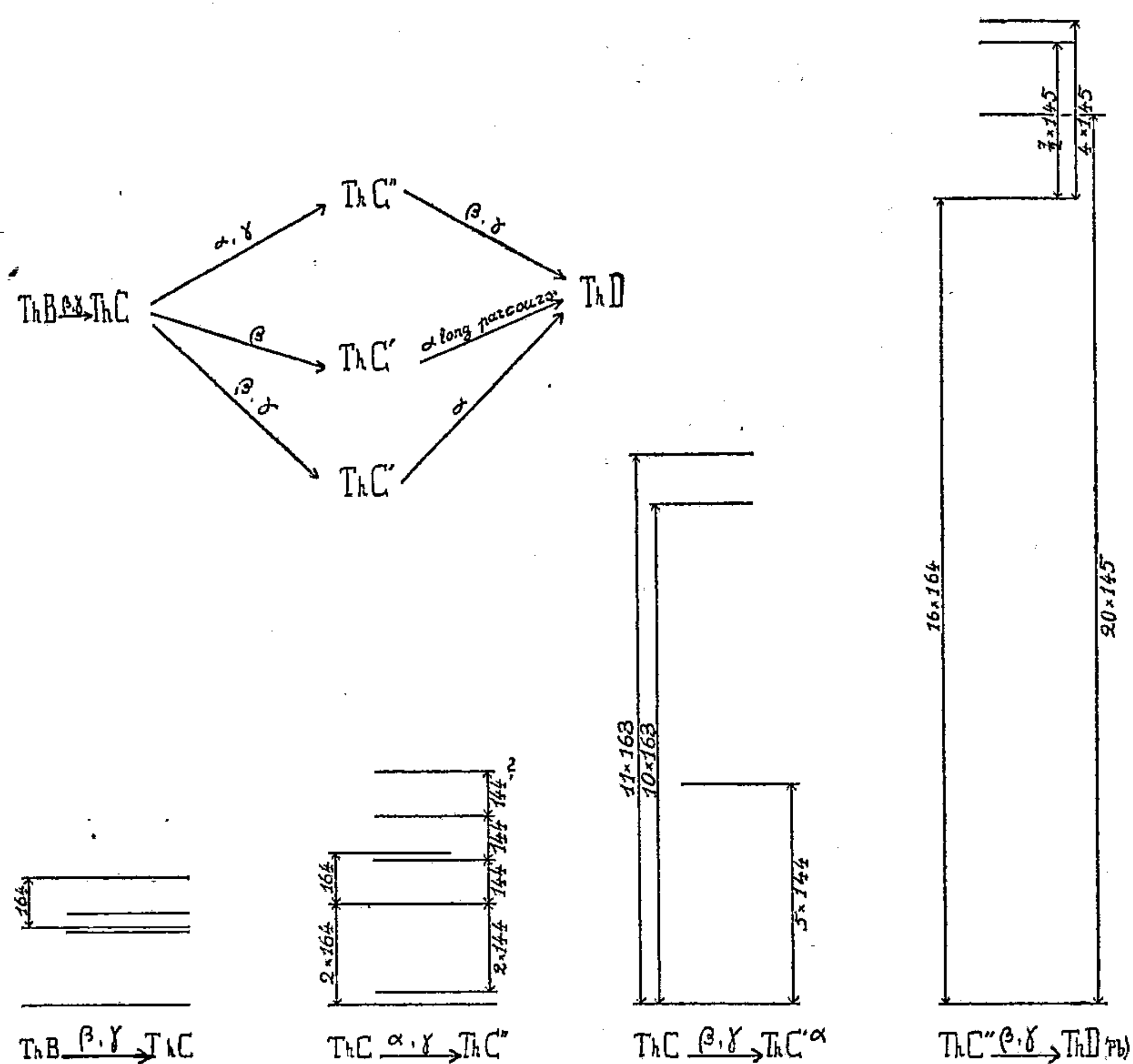
(2) *Comptes rendus*, 202, 1936, p. 943; 204, 1937, p. 175.

(3) *Proc. Camb. Phil. Soc.*, 32, 1936, p. 332.

(4) Lewis et Bowden, *Proc. Roy. Soc.*, A, 145, 1934, p. 235.

(5) Surugue, *Thèse*, Paris, 1936, p. 55.

Comme il s'agit là de multiples assez élevés, il serait prématuré de considérer ces coïncidences comme certaines surtout dans le cas où le schéma



de niveaux n'est pas donné directement par l'expérience. Il nous semble toutefois intéressant de montrer que, même dans le cas des transformations β, on pourrait espérer trouver des principes simples pour la classification des radiations γ et que les mêmes nombres semblent intervenir pour les corps qui suivent le ThB dans la filiation radioactive. Remarquons enfin qu'on retrouve le nombre 164 comme différence dans la transformation du ThB en thorium C (voir le schéma).

CHIMIE PHYSIQUE. — *L'influence du groupe terminal sur le point de fusion des composés aliphatiques à chaîne normale.* Note (1) de MM. **P. Carré** et **H. Passedouet**, présentée par M. Georges Urbain.

On sait que les points de fusion des acides gras normaux, monobasiques et bibasiques, oscillent avec régularité, les points de fusion des acides à nombre impair d'atomes de carbone étant inférieurs aux points de fusion des acides voisins à nombre pair d'atomes de carbone.

Dans le cas des hydrocarbures aliphatiques normaux, et des alcools primaires normaux, de C_1 à C_9 l'alternance est beaucoup moins accentuée ou inexistante, et lorsqu'elle se présente ce sont les composés impairs qui ont le point de fusion le plus bas ainsi que pour les acides.

Pour les mercaptans normaux, $CH^3(CH^2)^n\text{-}CH^2SH$, de C_1 à C_9, l'alternance est inverse de la précédente, ce sont les mercaptans à nombre pair d'atomes de carbone qui ont un point de fusion inférieur à celui des mercaptans voisins à nombre impair d'atomes de carbone (2). Il en est de même pour les premiers termes des acides alcoylsulfoniques $CH^3(CH^2)^n\text{-}SO^3H$, de C_1 à C_5 ce sont les acides à nombre pair d'atomes de carbone qui ont le point de fusion le plus bas, pour C_6 l'alternance ne se reproduit pas (3).

L'alternance du point de fusion des composés aliphatiques normaux dépend donc de la fonction terminale.

Nous avons recherché quelle serait à ce point de vue, l'influence de la fonction uréthane. A cet effet, nous avons préparé, par l'action de l'ammoniaque sur les chloroformiates d'alcoyle, et purifié, les uréthanes $CH^3(CH^2)^n\text{-}CH^2OCONH^2$, correspondant aux alcools primaires normaux de C_1 à C_{16} (4).

Les résultats sont représentés par la courbe ci-dessous, établie en portant en ordonnées les températures de fusion, et en abscisses les nombres d'atomes de carbone du radical alcoyle.

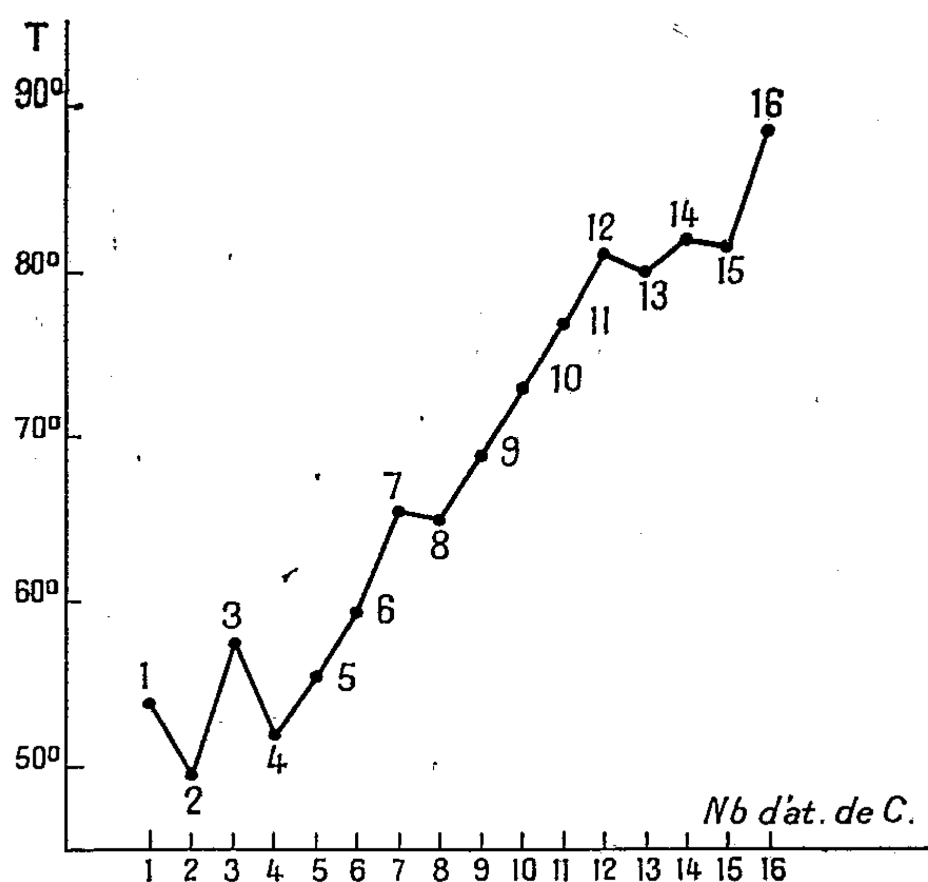
(1) Séance du 25 janvier 1937.

(2) Ellis et Reid, *J. Am. Chem. Soc.*, 54, 1932, p. 1674.

(3) Vivian et Reid, *J. Am. Chem. Soc.*, 57, 1935, p. 2559.

(4) Les premiers termes seulement de ces uréthanes avaient été préparés jusqu'à présent.

par les acides gras normaux. Entre C_4 et C_7 il n'y a plus d'alternance, celle-ci réapparaît pour C_8 entre C_7 et C_9 en restant de même sens que la précédente; cette particularité vers C_8 est en accord avec les particularités



déjà observées pour d'autres propriétés (5). L'alternance disparaît à nouveau de C_8 à C_{12}, pour se reproduire entre C_{12} et C_{16}, mais cette nouvelle alternance est inverse de celle qui existe entre C_1 et C_5. On remarque aussi que les disparitions d'alternance se produisent au voisinage de C_5 et C_{10}, ce qui est en accord avec une observation de B. Lee (6) d'après laquelle un grand nombre de propriétés physico-chimiques changent nettement d'allure quand on passe des composés à 5, à 10 et à 15 atomes de carbone.

Ces résultats montrent que certaines propriétés physiques des composés aliphatiques à chaîne normale, à l'état solide, n'oscillent pas toujours avec régularité, mais que pour certaines fonctions terminales l'alternance peut disparaître et aussi se trouver inversée.

D'autre part les composés mentionnés ci-dessus peuvent se diviser en deux groupes :

1° les acides, les alcools et les hydrocarbures aliphatiques normaux.

---

(5) P. Carré, *Comptes rendus*, 200, 1935, p. 555 et 1767.

(6) B. Lee, *Trans. Farad. Soc.*, 23, 1927, p. 634.

L'alternance, bien nette pour les cinq premiers termes, est de même nature que celle constatée pour les mercaptans, et inverse de celle donnée pour lesquels les alternances des points de fusion correspondent à des minimums impairs;

2° les mercaptans, les acides sulfoniques et les uréthanes d'alcoyles normaux, pour lesquels les alternances des points de fusion sont inverses des précédentes, au moins pour les premiers termes, et correspondent à des minimums pairs.

Si l'on admet (⁷) que les températures de fusion des composés organiques à chaîne aliphatique normale sont en relation avec la polarité du carbone terminal qui porte la fonction, on voit que ces résultats paraissent en accord avec la règle pratique de l'écart électronique (⁸). En effet, l'élément ou le groupement lié au carbone terminal est plus lourd dans le deuxième groupe que dans le premier; il doit en résulter une variation de la polarité de ce carbone terminal qui détermine l'inversion de l'alternance.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Influences des électrolytes sur l'hydratation de quelques complexes cobaltiques.* Note (¹) de M. **Jules Brüll**, présentée par M. Georges Urbain.

Comme suite à notre étude sur l'hydratation de quelques complexes (²), il nous a semblé intéressant de rechercher l'influence sur cette réaction, soit de la nature de l'anion, soit de l'addition de sels ou d'acides à la solution.

a. Nous avons mesuré les vitesses d'hydratation des chlorure, bromure, iodure et azotate praseo, ainsi que celle des chlorure et bromure chloroaquo. Les constantes de vitesses à 18° sont les suivantes :

(⁷) F. Henrich, *Les théories de la chimie organique*, 1925, p. 135.
(⁸) P. Carré, *Comptes rendus*, 202, 1936, p. 740.

(¹) Séance du 18 janvier 1936.
(²) *Comptes rendus*, 202, 1936, p. 1584.

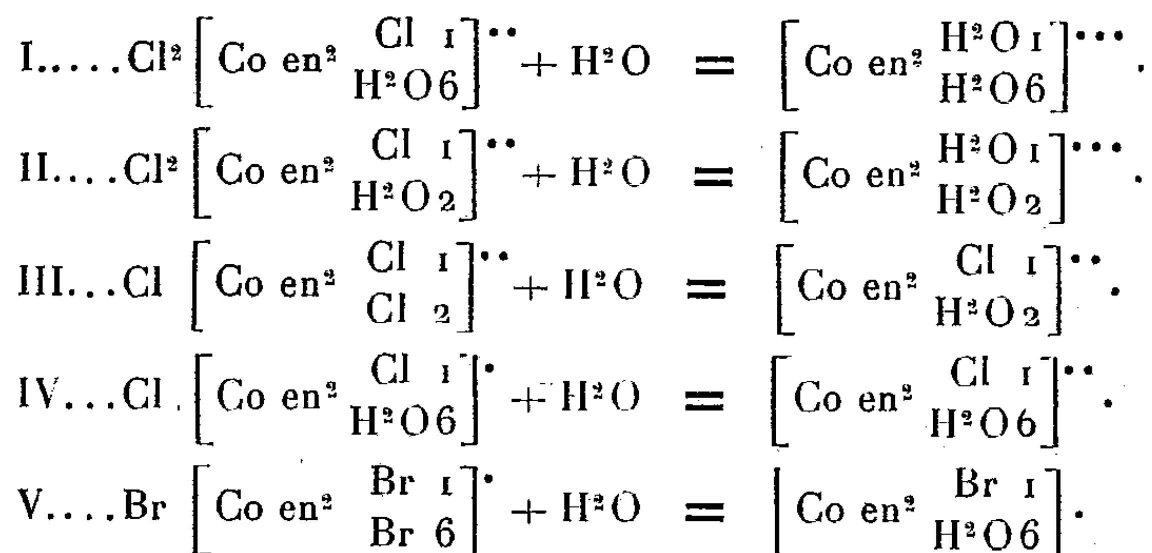
	Concentration en molécule-gramme. 0,001.	0,005.	0,01.
$\left[\mathrm{Co\,en^2}\begin{smallmatrix}\mathrm{Cl\,1}\\ \mathrm{Cl\,6}\end{smallmatrix}\right]^{\bullet}$ (chlorure) $+ H^2O = \left[\mathrm{Co\,en^2}\begin{smallmatrix}\mathrm{Cl\,1}\\ \mathrm{H^2O\,6}\end{smallmatrix}\right]^{\bullet\bullet}$.	$1,02.10^{-3}$	$0,90.10^{-3}$	$0,70.10^{-3}$
$\left[\mathrm{Co\,en^2}\begin{smallmatrix}\mathrm{Cl\,1}\\ \mathrm{Cl\,6}\end{smallmatrix}\right]^{\bullet}$ (bromure) $+ H^2O = \left[\mathrm{Co\,en^2}\begin{smallmatrix}\mathrm{Cl\,1}\\ \mathrm{H^2O\,6}\end{smallmatrix}\right]^{\bullet\bullet}$.	$1,08.10^{-3}$	$0,93.10^{-3}$	$0,81.10^{-3}$
$\left[\mathrm{Co\,en^2}\begin{smallmatrix}\mathrm{Cl\,1}\\ \mathrm{Cl\,6}\end{smallmatrix}\right]^{\bullet}$ (iodure) $+ H^2O = \left[\mathrm{Co\,en^2}\begin{smallmatrix}\mathrm{Cl\,1}\\ \mathrm{H^2O\,6}\end{smallmatrix}\right]^{\bullet\bullet}$.	$1,12.10^{-3}$	$1,08.10^{-3}$	$0,97.10^{-3}$
$\left[\mathrm{Co\,en^2}\begin{smallmatrix}\mathrm{Cl\,1}\\ \mathrm{Cl\,6}\end{smallmatrix}\right]$ (azotate) $+ H^2O = \left[\mathrm{Co\,en^2}\begin{smallmatrix}\mathrm{Cl\,1}\\ \mathrm{H^2O\,6}\end{smallmatrix}\right]^{\bullet\bullet}$.	$1,11.10^{-3}$	–	–
$\left[\mathrm{Co\,en^2}\begin{smallmatrix}\mathrm{Cl\,1}\\ \mathrm{H^2O\,2}\end{smallmatrix}\right]^{\bullet}$ (chlorure) $+ H^2O = \left[\mathrm{Co\,en^2}\begin{smallmatrix}\mathrm{H^2O\,1}\\ \mathrm{H^2O\,2}\end{smallmatrix}\right]^{\bullet\bullet}$.	$1,38.10^{-3}$	–	–
$\left[\mathrm{Co\,en^2}\begin{smallmatrix}\mathrm{Cl\,1}\\ \mathrm{H^2O\,2}\end{smallmatrix}\right]^{\bullet}$ (bromure) $+ H^2O = \left[\mathrm{Co\,en^2}\begin{smallmatrix}\mathrm{H^2O\,1}\\ \mathrm{H^2O\,2}\end{smallmatrix}\right]^{\bullet\bullet}$	$1,46.10^{-3}$	–	–

La constante de vitesse dépend donc de la nature de l'anion.

b. L'influence du cation ou effet de sel neutre a été déjà signalée par Brœnsted ([3]). Nous avons comparé l'action des bromures de différents métaux sur quelques réactions d'hydratation.

Voici un Tableau des constantes, mesurées à 18° pour une concentration de $0^{\mathrm{mols}},001$ du complexe et en présence de $0^{\mathrm{mols}},001$ d'électrolyte :

–	Sans électrolyte.	Li Br.	Na Br.	K Br.	Rb Br.	Ba Br_2, Ca Br_2, Si Br_2.
I.....	$1,28.10^{-3}$	$1,28.10^{-3}$	$1,28.10^{-3}$	$1,20.10^{-3}$	$1,21.10^{-3}$	$1,17.10^{-3}$
II....	$1,38.10^{-3}$	$1,38.10^{-3}$	$1,38.10^{-3}$	$1,28.10^{-3}$	–	–
III....	$4,38.10^{-3}$	$4,32.10^{-3}$	–	$4,08.10^{-3}$	$4,00.10^{-3}$	–
IV....	$1,02.10^{-3}$	$1,02.10^{-3}$	$0,94.10^{-3}$	$0,83.10^{-3}$	$0,78.10^{-3}$	$0,73.10^{-3}$
			Na Cl.	K Cl.		
V.....	$6,80.10^{-3}$	–	$6,60.10^{-2}$	$6,30.10^{-3}$	–	–



$$\text{I.....}Cl^2\left[\mathrm{Co\,en^2}\begin{smallmatrix}\mathrm{Cl\,1}\\ \mathrm{H^2O\,6}\end{smallmatrix}\right]^{\bullet\bullet} + H^2O = \left[\mathrm{Co\,en^2}\begin{smallmatrix}\mathrm{H^2O\,1}\\ \mathrm{H^2O\,6}\end{smallmatrix}\right]^{\bullet\bullet\bullet}.$$

$$\text{II....}Cl^2\left[\mathrm{Co\,en^2}\begin{smallmatrix}\mathrm{Cl\,1}\\ \mathrm{H^2O\,2}\end{smallmatrix}\right]^{\bullet\bullet} + H^2O = \left[\mathrm{Co\,en^2}\begin{smallmatrix}\mathrm{H^2O\,1}\\ \mathrm{H^2O\,2}\end{smallmatrix}\right]^{\bullet\bullet\bullet}.$$

$$\text{III...}Cl\left[\mathrm{Co\,en^2}\begin{smallmatrix}\mathrm{Cl\,1}\\ \mathrm{Cl\,2}\end{smallmatrix}\right]^{\bullet\bullet} + H^2O = \left[\mathrm{Co\,en^2}\begin{smallmatrix}\mathrm{Cl\,1}\\ \mathrm{H^2O\,2}\end{smallmatrix}\right]^{\bullet\bullet}.$$

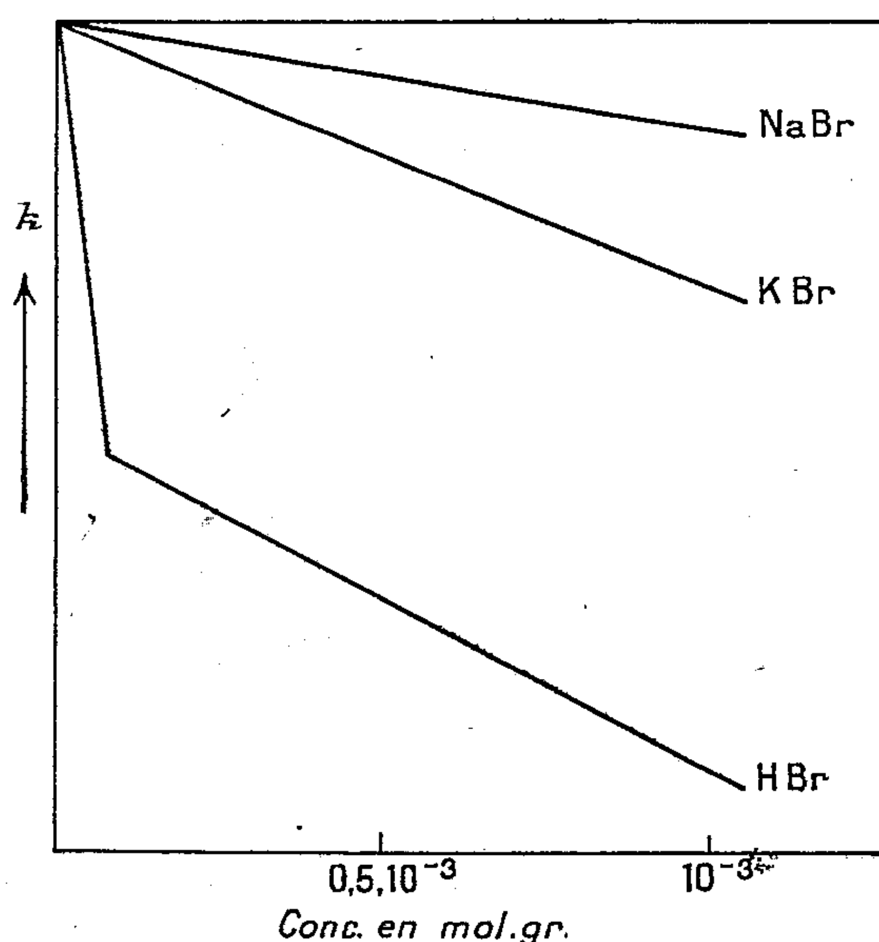
$$\text{IV...}Cl\left[\mathrm{Co\,en^2}\begin{smallmatrix}\mathrm{Cl\,1}\\ \mathrm{H^2O\,6}\end{smallmatrix}\right]^{\bullet} + H^2O = \left[\mathrm{Co\,en^2}\begin{smallmatrix}\mathrm{Cl\,1}\\ \mathrm{H^2O\,6}\end{smallmatrix}\right]^{\bullet\bullet}.$$

$$\text{V....}Br\left[\mathrm{Co\,en^2}\begin{smallmatrix}\mathrm{Br\,1}\\ \mathrm{Br\,6}\end{smallmatrix}\right]^{\bullet} + H^2O = \left[\mathrm{Co\,en^2}\begin{smallmatrix}\mathrm{Br\,1}\\ \mathrm{H^2O\,6}\end{smallmatrix}\right].$$

([3]) *Zeitschr. f. Physik. Chemie*, **102**, 1922, p. 169, et **115**, 1925, p. 337.

Les hydrines sont peu sensibles à l'influence du cation. Au contraire, la diminution de la constante de vitesse est particulièrement nette dans le cas du trans dichloro, elle augmente lorsque l'on passe du Na au K et au Rb.

En étudiant l'influence des cations métalliques en fonction de leur concentration, nous avons trouvé que l'abaissement de la constante en présence de cations se fait d'une façon linéaire (voir la figure).



Par contre, l'abaissement de la constante en présence de l'acide correspondant se fait brusquement (jusqu'à une concentration de $7,5.10^{-5 \text{molg}}$ pour $10^{-3 \text{molg}}$ du trans dichloro), mais se poursuit ensuite aussi d'une façon linéaire.

Donc l'ion hydrogène semble d'abord avoir une influence spécifique, qui se manifeste par une forte diminution de l'hydratation; son action devient ensuite semblable à celle des autres cations.

Nous avons déjà signalé (*loc. cit.*) que la constante de vitesse d'hydratation des hydrines des sels complexes diminue avec le temps. Brœnsted ([4]), pour expliquer ce phènomène, a imaginé un mécanisme de réaction, qui n'est valable que pour les hydrines. Nous avons trouvé, que d'autres

([4]) *Zeitschr. f. physik. Chemie*, **122**, 1926, p. 383.

combinaisons qui ne contiennent pas d'eau de constitution comme [Co en² Cl2] Cl 1-2 et 1-6 et [Co en² Br²]Br 1-6 accusent une grande sensibilité à l'H·. Ce fait semble ne pas être en accord avec l'explication de Brœnsted.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Verres phosphorescents. Influence de la cristallisation* ([1]). Note ([2]) de M. **Maurice Curie**, transmise par M. Jean Perrin.

Verre ordinaire. — Les essais ont porté sur un verre ordinaire présentant une assez forte fluorescence verte, pas de phosphorescence visible (excitation arc mercure), mais ensuite une légère thermoluminescence verte; par simple fusion et refroidissement, la thermoluminescence baisse encore.

Un échantillon de ce verre fut recuit pendant 4 jours à 800°. Il est alors nettement cristallisé : phosphorescence et thermoluminescence nettes, vertes. Dans un autre essai, pour améliorer la cristallisation, on incorpora dans le verre 1 pour 100 de CaF^2 par fusion à 1200°; puis on porta 4 jours à 800° : phosphorescence verte très améliorée, forte thermoluminescence verte. Ce verre phosphorescent, amené à fusion puis refroidi, est seulement fluorescent.

Borate de zinc $2B^2O^3, 3ZnO$. — Les essais d'influence de la cristallisation ont été repris avec des luminogènes divers.

Mn 1 pour 1000 paraît être le luminogène le plus intéressant. Avant cristallisation, légère fluorescence rougeâtre, phosphorescence à peine perceptible. La chauffe de cristallisation (four électrique 1 heure à 800°) fournit des cristaux ayant une très belle phosphorescence très durable, de couleur jaune (spectre orangé jaune); l'intensité de la phosphorescence au bout d'une minute atteint les 2/10es de celle d'un très beau ZnS au cuivre de A. Guntz, le déclin de la phosphorescence se poursuit ensuite parallèlement (excitation par le rayonnement global de l'arc mercure, le borate s'excite fort mal par le début de l'ultraviolet). Le borate phosphorescent porté à fusion, puis refroidi (dans le même four, à 1000°) ne présente plus que la faible fluorescence rougeâtre initiale.

Pb 1 pour 100. Avant cristallisation : fluorescence (F) faible, pas de

([1]) *Comptes rendus*, 203, 1936, p. 997.
([2]) Séance du 25 janvier 1937.

phosphorescence (P). Après cristallisation : F très améliorée, P nette, blanchâtre (spectre très étalé).

Bi 1 pour 1000. Avant cristallisation : F faible, pas de P. Après cristallisation : F belle, blanchâtre (bande rouge verte et bande bleue-violette), P nette, belle thermoluminescence bleue.

Sm 1 pour 100. Avant cristallisation : belle F jaune rouge (spectre de bandes étroites), P très faible, thermoluminescence nette. Après cristallisation : P assez belle et belle thermoluminescence rougeâtre.

Ur 1 pour 100. Avant cristallisation : belle F jaunâtre (spectre s'étendant de l'orangé au violet, avec plusieurs maxima), pas de P. Après cristallisation : belle F, P douteuse. Ce luminogène est donc particulier, il s'agit probablement d'une fluorescence plus pure.

Schémas énergétiques de la phosphorescence. — Ces essais établissent avec une grande netteté l'influence de la cristallisation sur la durée de la luminescence. D'autre part, on retrouve avec le borate de zinc au manganèse un nouveau cas d'apparition de luminescence par cristallisation, fait dont on connaît plusieurs exemples : tungstates purs, borure d'azote à luminogène.

Un schéma de phosphorescence doit utiliser une seule variété de centres pour rendre compte d'émissions de durées très variables ([3]). Il doit aussi faire intervenir les niveaux énergétiques du réseau ([4]). De plus, étant donné l'influence de la cristallisation sur la durée de luminescence, il est possible que les bandes énergétiques de conductibilité du réseau jouent un rôle dans le mécanisme de cette durée. On peut, par exemple, envisager le glissement des électrons de phosphorescence dans ces bandes et leur fixation sur des niveaux d'hétérogénéités du réseau plus ou moins éloignés du centre, cette fixation correspondant à une sorte d'état méta-stable pour la luminescence.

Les subtances étudiées ici paraissent devoir se prêter à des mesures de photoconductibilité d'interprétation assez directe.

([3]) MAURICE CURIE, *Thèse*, Paris, 1923, p. 36. Voir aussi F. SCHMIDT et W. ZIMMERMANN, *Ann. der Phys.*, 82, 1927, p. 191, et S. ROTHSCHILD, *Phys. Zeitschf.*, 21, 1936, p. 757.

([4]) MAURICE CURIE, *Luminescence des corps solides* (Conférences-Rapports 1934); T. MUTO, *Sc. Pap. Inst. Phys. Chem. Research*, Tokyo, nos 613 et 614, décembre 1935 et janvier 1936.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Potentiel d'ionisation de l'oxyde de carbone.* Note [1] de MM. **Jean Savard**, **Marc de Hemptinne** et **Paul Capron**, transmise par M. Jean Perrin.

Poursuivant l'étude des potentiels d'ionisation des molécules, nous avons appliqué à l'oxyde de carbone la méthode précédemment décrite pour la molécule d'azote [2]. Si la détermination des potentiels critiques de cette dernière avait été aisée, il n'en est pas de même avec CO. En effet, les variations du courant électronique observé (en fonction du potentiel accélérateur) mettent en évidence une série de points critiques si nombreux et si voisins que la fidélité de l'appareil pourrait être mise en doute. Nous nous sommes demandé si de l'azote atomique encore occlus dans les plaques de cuivre ne troublait pas nos mesures. Mais leur répétition avec un nouvel appareil en tantale, ainsi que les résultats concordants de 59 expériences, nous ont convaincus de l'individualité et de l'exactitude de tous ces potentiels. Nous en donnons ci-dessous la liste, de 12,5 à 19 eV.

Ces potentiels sont, pour la plupart, des potentiels de résonance dus à la combinaison additive de deux termes spectraux.

L'accord entre les valeurs expérimentales et les valeurs calculées d'après les données spectrales est très satisfaisant, sauf pour le potentiel 13,2 que nous attribuons cependant à la résonance $a^3\Pi + a'^3\Sigma$ dont le potentiel calculé est 13,1 eV. Mais si l'on remarque que, pour l'état $a^3\Pi$, $r_e = 1,20$ Å, tandis que pour la molécule normale $r_e = 1,13$ Å, un écart de 0,1 eV est plausible. N'oublions pas que nous observons des résonances ou des ionisations verticales [3], et non des différences de niveaux minima.

L'observation de toutes ces résonances contrôle la valeur de notre technique ainsi que le calibrage de nos deux appareils, réalisé avec l'argon, mais rend singulièrement délicat le choix du potentiel d'ionisation. Remarquons cependant que les résonances calculées, les plus voisines de 13,5 sont 13,1 et 13,8 eV. 13,5 n'est donc pas un potentiel de résonance. D'autre part, les différences 16 — 13,5 soit 2,5, et 19,1 — 13,5 soit 5,6, sont exactement les différences des niveaux des états $^2\Pi$, $^2\Sigma_u^+$, $^2\Sigma_g^+$ de l'ion CO^+. Il est donc naturel de supposer que 13,5 représente le potentiel d'ionisation de la molécule normale.

---

(1) Séance du 25 janvier 1937.

(2) *Comptes rendus*, 200, 1935, p. 2147.

(3) *Journal de Physique et le Radium*, 6, 1935, p. 499.

Pot. observés.	Signification.	Pot. calculés.	Pot. observés.	Signification.	Pot. calculés.
12,65	$K + d^3\Pi$	12,67	16,1	$K + C^1\Sigma$	16,13
13	$K + G^1\Pi$	12,99	16,2	$K + E^1\Sigma$	16,24
13,2	$a^3\Pi + a'^3\Sigma$	13,1	16,7	$a^3\Pi + b'$	16,70
13,5	$CO^{+2}\Sigma_g^+$	ionisat.	16,9	$a^3\Pi + e$	16,94
13,9	$a^3\Pi + d^3\Pi$	13,86	17,1	$K + F^1\Pi$	17,09
14,2	$2.a'^3\Sigma$	14,25	17,3	$a^3\Pi + C^1\Sigma$	17,31
15	$a'^3\Sigma + d^3\Pi$	15,01	18,1	$a'^3\Sigma + e$	18,09
15,2	$K + B^3\Sigma$	15,13	18,7	$A^1\Pi + B^1\Sigma$	18,71
15,5	$K + B^1\Sigma$	15,51	18,9	$A^1\Pi + e$	18,95
15,75	$K + e$	15,76	19,1	$CO^{+2}\Sigma_u^+$	ionisat.
16	$CO^{+2}\Pi$	ionisat.			

La vérification de la valeur choisie pour le potentiel d'ionisation s'effectue en observant le courant ionique parvenant au collecteur, alors qu'un potentiel retardateur approprié arrête au contraire tous les électrons. Les ions apparaissent nettement à 13,5 eV ; jamais nous n'avons pu les mettre en évidence pour de plus faibles potentiels, bien que notre galvanomètre fût sensible à 10^{-11} ampère. S'élevant nettement à 13,5 eV, la courbe d'intensité du courant ionique passe par un maximum situé entre 19,9 et 14,1 eV. Ce maximum se déplace, suivant les conditions expérimentales, entre les valeurs précédentes. Nous pensons pouvoir raisonnablement l'attribuer aux résonances situées à 13,8, 13,9 et 14,2 eV, dont la mise en jeu doit diminuer le rendement de l'ionisation. Ce maximum est, en effet, d'autant plus marqué que la pression est plus forte et l'intensité de l'émission électronique plus faible. Peut-être ce maximum était-il observé au spectrographe à masse, ce qui expliquerait les résultats trop élevés des expérimentateurs américains (4) ?

Nous attribuons aux différentes résonances, situées entre 15,3 et 15,9 eV, le palier qui s'étend entre ces mêmes limites. A 15,9-16 eV, la courbe s'élève verticalement, ce qui confirme l'interprétation proposée pour le potentiel 16 : formation de l'ion $^2\Pi$. De courts paliers à 16,2 et 18,6 eV s'expliquent encore par les résonances correspondantes.

La formation de l'état $^2\Sigma_u^+$ est complètement masquée par des résonances (une est possible à 19, et trois le sont à 19,2 eV). Nous croyons trouver là une justification à notre préférence pour la méthode d'observation directe du courant électronique. Enfin, la résonance à 19,4 est si marquée (la

(4) J. T. Tate et W. Lozier, *Physical Review*, 39, 1932, p. 254.

résonance possible est quintuple) que la courbe passe par un nouveau maximum. Ce potentiel ne peut donc pas être choisi comme potentiel de formation des ions atomiques. Les valeurs proposées pour l'énergie de dissociation de la molécule inférieures ou égales à 8,2eV doivent déjà être éliminées. Nous concluerons de cette étude que le potentiel d'ionisation de la molécule CO est 13,5eV. D'après le calibrage à l'argon et les mesures des potentiels de résonance, l'erreur possible commise est de 0,05eV.

Remarque. — Deux potentiels peu marqués ont été observés à 14,6 et 14,7eV. Aucune résonance connue ne peut les expliquer. S'agit-il de combinaisons de résonances inconnues, ou d'un état d'activation inconnu de l'ion CO^+? Leur origine est probablement la même que celle des bandes observées par Henning ([5]) entre 113000 et 138000 cm^{-1}, qui correspondent à des niveaux supérieurs à celui du potentiel d'ionisation.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Les germani- et les zirconioxalates de quinine et de strychnine.* Note de M. **Arakel Tchakirian**, présentée par M. Georges Urbain.

Les germanioxalates de quinine et de strychnine. — Nous avons, avec M. J. Bardet ([1]), mis en évidence l'existence de l'acide germanioxalique, auquel nous avons attribué la formule $[Ge(C^2O^4)^3]H^2$. L'acide n'ayant pu être isolé, cette formule était simplement basée sur les propriétés physico-chimiques de la solution oxalique de l'oxyde GeO^2, et sur le fait que, dans ces solutions, le rapport du poids du germanium à celui de l'acide oxalique est resté constamment voisin d'un tiers.

J'ai cherché à isoler quelques composés confirmant cette formule et j'ai préparé les sels de quinine et de strychnine de formules respectives $[Ge(C^2O^4)^3]$ Quinine H^2; $[Ge(C^2O^4)^3]$ 2 Strychnine H^2.

Ces sels sont solubles dans un excès d'acide oxalique.

Préparation du germanioxalate de quinine. — On mélange à froid la solution d'acide germanioxalique avec une solution concentrée d'oxalate de quinine. Le sel précipite immédiatement; on le sépare par filtration, on le sèche dans le vide, puis à l'étuve à 120° jusqu'à poids constant. Le

([5]) *Annalen der Physik*, **13**, 1932, p. 599.

([1]) *Comptes rendus*, **188**, 1929, p. 914.

séchage dans le vide est indispensable, sinon le sel se décompose dans son eau de cristallisation.

Propriétés. — Le germanioxalate de quinine se présente sous forme d'une poudre blanche, très hygroscopique. La solubilité dans l'eau est, à la température ordinaire, environ 0,7 pour 100. A chaud, il s'hydrolyse avec dépôt de quinine. Les solutions sont fluorescentes.

Préparation du germanioxalate de strychnine. — On mélange à chaud la solution d'acide germanioxalique avec une solution bouillante d'oxalate de strychnine. La solution laisse déposer le sel par refroidissement. Après filtration, on sèche directement à l'étuve à 120° jusqu'à poids constant.

Propriétés. — Le germanioxalate de strychnine est une poudre blanche, microcristalline et très hygroscopique. La solubilité dans l'eau est environ 0,5 pour 100. Les solutions résistent à l'hydrolyse, même à l'ébullition, ce qui permet de purifier le sel par cristallisation.

Les zirconioxalates de quinine et de strychnine. — Les zirconioxalates de potassium et d'ammonium ont été étudiés successivement par Paykull (2), Venable et Baskerville (3), Maudl (4), Rosenheim et Franck (5), Pfeiffer (6).

Mlle J. Boulanger (7) a étudié récemment par la méthode des solubilités à température constante, les hydrates des combinaisons moléculaires oxalate de zirconyle, acide oxalique et oxalates alcalins.

J'ai pu constater que la solution d'oxyde ZrO^2 dans l'acide oxalique se conduisait vis-à-vis des oxalates de quinine et de strychnine, de façon analogue à la solution d'oxyde GeO^2 dans l'acide oxalique vis-à-vis de ces mêmes alcaloïdes. Il y a là encore formation de sels que j'ai pu isoler et auxquels l'analyse a permis d'attribuer les formules suivantes; $[Zr(C^2O^4)^4]$ 2 quinine $2H^2$; $[Zr(C^2O^4)^4]$ 4 strychnine $2H^2$. Formules analogues à celles des composés correspondants de germanium, avec cette différence que le zirconium a la coordinence huit, alors que le germanium a la coordinence six.

Préparation du zirconioxalate de quinine. — On verse à froid la solution d'oxalate de quinine dans une solution d'acide zirconioxalique. Le sel précipité, isolé par filtration est séché à 120°.

(2) *Bull. Soc. Chim.*, **20**, 1873, p. 65.
(3) *J. Am. Chem. Soc.*, **19**, 1896, p. 12.
(4) *Z. anorg. Chem.*, **37**, 1903, p. 252.
(5) *Bericht. D. Chem. Ges.*, **38**, 1905, p. 812; **40**, 1907, p. 803.
(6) *Z. anorg. Chem.*, **105**, 1919, p. 29.
(7) *Comptes rendus*, **202**, 1936, p. 2156; **203**, 1936, p. 87 et 1257.

Dans les mêmes conditions l'aluminium, le fer et le niobium ne précipitent pas, ce qui doit permettre une séparation du zirconium de ces métaux.

Propriétés. — Le zirconioxalate de quinine est une poudre blanche, très hygroscopique, soluble à environ 0,5 pour 100 dans l'eau, résistant à l'hydrolyse même à l'ébullition, ce qui en permet la purification par cristallisation.

Préparation du zirconioxalate de strychnine. — La solution d'acide zirconioxalique est traitée à chaud par une solution bouillante d'oxalate de strychnine. Le sel déposé par refroidissement et séparé par filtration, est séché à l'étuve à 120° jusqu'à poids constant.

Propriétés. — Le zirconioxalate de strychnine est une poudre blanche, cristalline, très hygroscopique. La solubilité dans l'eau est de l'ordre de 0,2 pour 100. Les solutions résistent à l'hydrolyse.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Action des organomagnésiens sur les trialcoylacétophénonoximes.* Note de M. **Joseph Hoch**, présentée par M. Marcel Delépine.

J'ai décrit [1] l'action des organomagnésiens sur l'oxime de la propiophénone et exposé les raisons qui m'ont conduit à faire cette étude. Je décrirai ici l'action de C^2H^5MgBr, C^6H^5MgBr et *p*-$CH^3C^6H^4MgBr$ sur l'oxime de la *n*-butyldimétylacétophénone (I) P. F. = 138° ainsi que celles de CP^3MgI et C^9H^5M5Br sur l'oxime de la benzyldiméthylacétophénone (II) P. F. = 191°.

Ces oximes ne réagissent avec les organomagnésiens que si on les chauffe pendant 8 heures environ au sein du xylème bouillant (135°) avec 5^mol de ces réactifs. Par suite d'une résinification importante les rendements en bases sont toujours faibles.

Au cours de ces expériences, j'ai constaté que, quel que soit le magnésien mis en œuvre, le produit principal de la condensation est toujours l'imine correspondante à l'oxime. L'oxime I a donné ainsi avec tous les magnésiens l'imine de la *n*-butyldiméthylacétophénone



$$(C^4H^9)(CH^3)^2CC(C^6H^5){=}NH \qquad (P.E. = 140^\circ \text{ sous } 17^{mm}),$$

(1) Hoch, *Comptes rendus*, **197**, 1934, p. 1865.



l'oxime II l'imine de la benzyldiméthylacétophénone

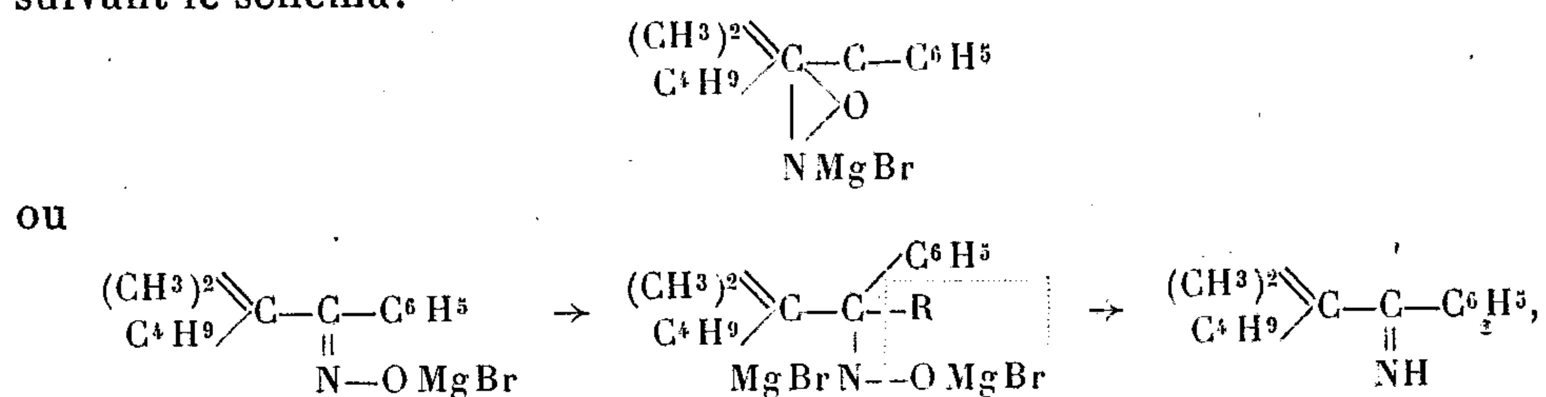
$$(C^6H^5CH^2)(CH^3)^2CC(C^6H^5)=NH \quad (\text{P. E.} = 192\text{-}194^\circ \text{ sous } 18^{mm}).$$

Ces imines ont été caractérisées par leur transformation 1° en cétone au moyen de ClH à chaud; 2° en l'oxime primitive par action de NH^2OH; 3° par leurs phénylurées (P. F. = 131-132° respectivement 156°). Ces derniers produits ont été identifiés par synthèse [Action de C^6H^5MgBr sur $(C^4H^9)(CH^3)^2CCN$ et sur $(C^6H^5CH^2)(CH^3)^2CCN$, puis de $C^6H^5N{=}C{=}O$ sur les imines ainsi obtenues].

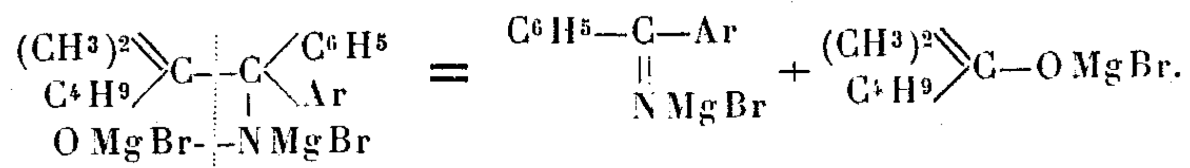
Les magnésiens des radicaux alcoylés ne donnent pas lieu à des réactions secondaires; par contre, C^6H^5MgBr fournit encore avec les oximes I et II l'imine de la benzophénone $(C^6H^5)^2C=NH$ [phénylurée $(C^6H^5)^2C=NCONHC^6H^5$ P. F. = 166°], et de $p.CH^3C^6H^4MgBr$ avec l'oxime I, l'imine de la *p*-tolylphénylcétone $CH^3C^6H^4C(C^6H^5)=NH$, P. E. = 176° sous 13mm (phénylurée P. F. = 167°).

Ces imines ont été caractérisées et identifiées exactement de la même façon que celles qui ont été décrites plus haut. La synthèse a été réalisée par action de C^6H^5MgBr sur C^6H^5CN et respectivement $p.CH^3C^6H^4CN$.

La formation de ces imines s'explique si l'on admet la fixation de 1mol de magnésien sur l'oxime, donnant une hydroxylamine N-disubstituée qui instable dans les conditions de la réaction, se scinderait de préférence suivant le schéma.



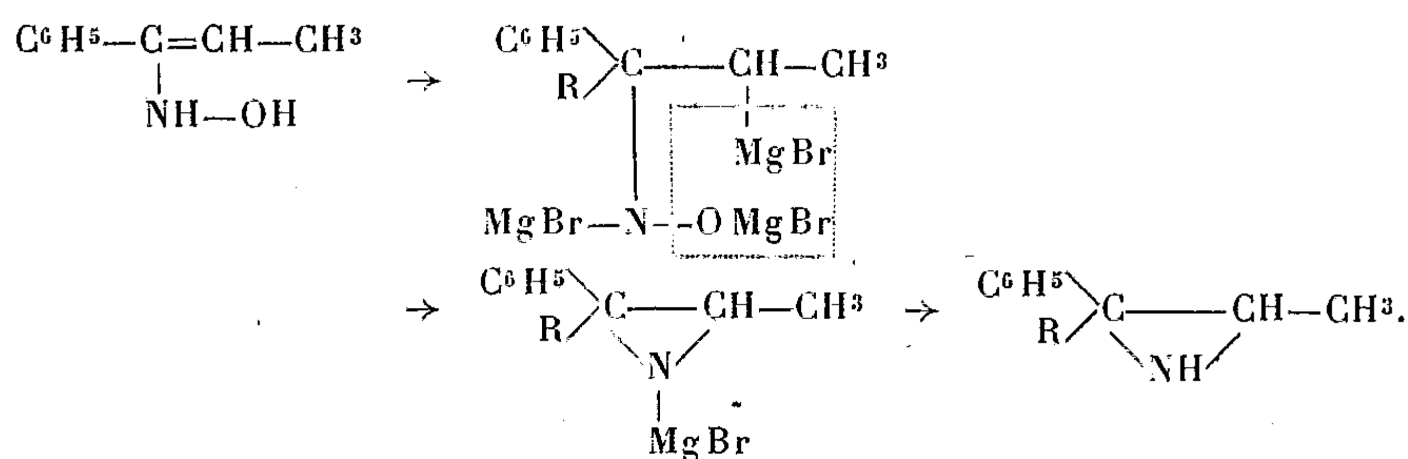
Quand R est un radical arylé la scission peut se faire aussi suivant le schéma



Si cette hypothèse est juste on devrait retrouver, parmi les produits de la réaction, un alcool tertiaire ou son produit de déshydratation. J'ai, en effet trouvé, dans l'action de C^6H^5MgBr sur l'oxime I, quelques gouttes

de produits neutres, passant entre 86-92°, qui décolorent le brome, mais je n'ai pu en faire aucun dérivé solide pour l'identifier d'une façon certaine.

Avant d'exposer les conclusions tirées de ces travaux, je rappellerai que l'étude de la teneur en hydrogène, mobile de la propiophénonoxime, par la méthode de Zerewitinoff, a montré que ce corps dégage $1^{mol},5$ de méthane par molécule. Ce fait semble prouver qu'elle réagit avec les organomagnésiens sous la forme d'hydroxylamine non saturée ,ce qui explique beaucoup mieux la formation des composés iminoéthyléniques que le mécanisme donné dans la Note précédente ([2]).



Cette interprétation est parfaitement en accord avec les rendements obtenus en composés iminoéthyléniques.

En résumé, l'action des organomagnésiens sur les cétoximes a montré : 1° que l'oxime de la propiophénone doit réagir sous sa forme d'hydroxylamine non saturée, forme que les trialcoylacétophénonoximes ne peuvent pas prendre; 2° l'étude des produits formés ne permet pas de déterminer si ces dernières oximes réagissent sous la forme $>C=N-OH$ ou sous la forme $>C\!-\!NH$ (pont O entre C et NH).

CHIMIE ORGANIQUE. — *Recherches sur les colorants de Pechmann. Procédé de synthèse permettant de former des colorants à substituants inégaux.* Note de M. **Paul Chovin**, présentée par M. Marcel Delépine.

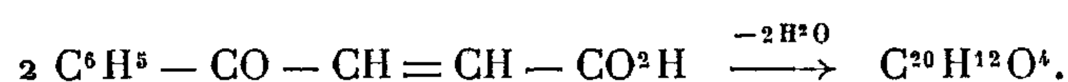
En 1882, v. Pechmann effectuait la synthèse d'un corps coloré, appelé improprement depuis colorants de Pechmann, et dont la constitution,

([2]) Hoch, *Comptes rendus*, 197, 1934, p. 1866.

malgré les nombreux travaux dont elle a été l'objet, doit être considérée à l'heure actuelle comme incomplètement connue.

Ayant eu fortuitement, lors d'un travail en collaboration avec Ch. Dufraisse, l'occasion de préparer ce corps par une méthode nouvelle, j'ai entrepris une étude sur cette sorte de matières colorées en vue d'essayer d'en préciser les conditions de formation et d'apporter quelques renseignements susceptibles d'éclairer la structure de leur groupe chromophore.

Le colorant, tel que l'a obtenu v. Pechmann, résulte de l'union de deux molécules d'un acide aroylacrylique, par exemple l'acide benzoylacrylique, avec perte de deux molécules d'eau :



$$2\,C^6H^5 - CO - CH = CH - CO^2H \xrightarrow{-2H^2O} C^{20}H^{12}O^4.$$

La seule notion bien établie concernant la constitution est que le groupe aryle de l'acide de départ conserve son individualité dans le composé final. L'aryle ne fait pas partie du groupe chromophore actif et n'entre dans la constitution du colorant qu'en tant que substituant monovalent. Par suite, on doit représenter les colorants de Pechmann par la formule générale : $Ar-(C^8H^2O^4)-Ar$, dans laquelle l'ensemble $-(C^8H^2O^4)-$ constitue le chromophore, que, pour simplifier, on indiquera désormais par le symbole $-(X)-$.

La question qui se pose immédiatement, pour le chromophore $-(X)-$, est de savoir quel est son degré de symétrie. Celui-ci a été regardé par les auteurs comme correspondant à l'existence soit d'un plan, soit d'un centre, mais sans preuve directe : il n'a même été explicité aucune raison formelle d'exclure les structures sans symétrie.

Un renseignement très précis serait fourni par la synthèse de deux colorants à substituants inégaux $Ar_1-(X)-Ar_2$ et $Ar_2-(X)-Ar_1$, étant sous-entendu, naturellement, que le chromophore $-(X)-$ est présenté avec la même orientation dans les deux formules. L'enchaînement aura obligatoirement une structure symétrique si les deux colorants sont identiques, en d'autres termes, si la molécule reste inchangée après permutation des deux substituants.

Or les méthodes actuelles de synthèse reviennent à des doublements de molécules identiques, ce qui introduit nécessairement des aryles égaux. Sans doute pourrait-on imaginer d'opérer sur un mélange de deux acides aroylacryliques différents; toutefois en plus des deux isomères éventuellement attendus $Ar_1-(X)-Ar_2$ et $Ar_2-(X)-Ar_1$, il se ferait simultanément les deux colorants ordinaires à substituants égaux $Ar_1-(X)-Ar_1$

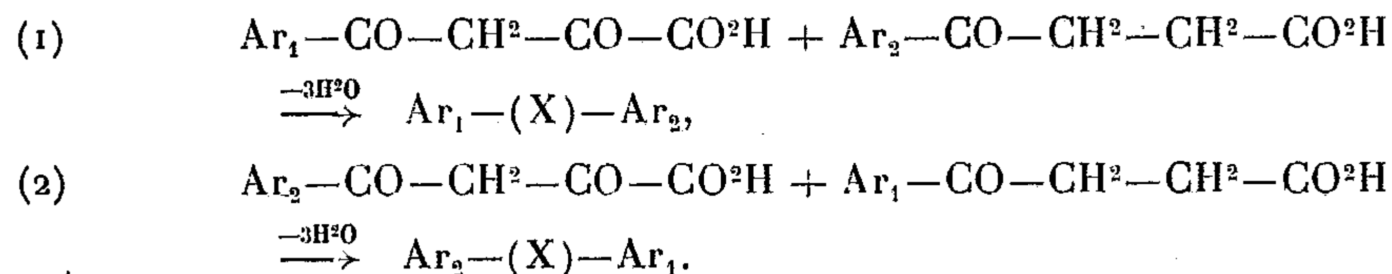
et $Ar_2—(X)—Ar_2$, soit en tout quatre colorants. Les difficultés de séparations de tels mélanges seraient pratiquement insurmontables. Mais, dût-on y parvenir, que l'on n'aurait pas le droit de tirer argument de l'absence d'un deuxième isomère contre son existence théorique, car ce corps pourrait tout simplement ne pas s'être formé en proportions isolables.

De là l'idée de rechercher une méthode de synthèse permettant l'obtention normale et à volonté de l'un ou de l'autre des deux colorants à substituants dissemblables $Ar_1—(X)—Ar_2$ ou $Ar_2—(X)—Ar_1$.

Les anciennes méthodes se rattachent à trois types de condensation : l'un, tel celui de v. Pechmann, comporte une simple élimination d'eau, donc aucun changement du degré d'oxydation; un autre, tel celui de Kugel, part de corps plus hydrogénés que le colorant, donc doit procéder par oxydation; le troisième, enfin, celui de Dufraisse et Chovin, réduit une matière trop oxydée.

Je me suis demandé si l'on ne parviendrait pas à construire le colorant en opposant deux molécules, non plus identiques comme jusqu'ici, mais se distinguant par leur degré d'oxydation, l'une étant plus oxydée, l'autre plus hydrogénée que le colorant à former. On pourrait ainsi, en variant les réactifs, choisir à volonté les groupes aryles à introduire et, par là, s'ils sont différents, créer les colorants cherchés à substituants inégaux, et, au contraire, s'ils sont identiques, retrouver les colorants ordinaires à substituants égaux.

Le procédé que j'ai réalisé consiste à condenser un acide aroylpyruvique sur un acide aroylpropionique, selon le couple de réactions suivantes :



$$(1)\quad Ar_1{-}CO{-}CH^2{-}CO{-}CO^2H + Ar_2{-}CO{-}CH^2{-}CH^2{-}CO^2H \xrightarrow{-3H^2O} Ar_1{-}(X){-}Ar_2,$$

$$(2)\quad Ar_2{-}CO{-}CH^2{-}CO{-}CO^2H + Ar_1{-}CO{-}CH^2{-}CH^2{-}CO^2H \xrightarrow{-3H^2O} Ar_2{-}(X){-}Ar_1.$$

A titre de contrôle, je l'ai appliqué d'abord à la synthèse du colorant de Pechmann simple, en faisant $Ar_1—=Ar_2—=C^6H^5—$.

Cette vérification faite, j'ai abordé la préparation de corps à substituants dissemblables. Le premier, un colorant monométhylé, a été obtenu en faisant $Ar_1—=C^6H^5—$ et $Ar_2—=CH^3—C^6H^4—$, ce qui conduit, d'après l'équation (1), à faire réagir l'acide benzoylpyruvique sur l'acide β-(*p*-toluyl)-propionique.

C'est un corps rouge foncé, fondant instantanément à 307°. Les bandes

de son spectre d'absorption s'intercalent entre celles du colorant de Pechmann simple, non méthylé ($Ar_1—=Ar_2—=C^6H^5—$, F.=317°), et celles de son homologue, le corps diméthylé ($Ar_1—=Ar_2—=CH^3—C^6H^4—$, F.=357°).

Le point le plus important était de savoir si la réaction, effectuée dans l'ordre renversé des substituants, d'après l'équation (3), aboutirait à la formation du même produit ou à celle d'un isomère. En fait, l'acide *p*-toluylpyruvique réagissant sur l'acide β-benzoylpropionique fournit un colorant monométhylé, qui s'est révélé identique au premier. Il n'y a donc pas d'isomérie par permutation des substituants, ce qui prouve que leurs places sont équivalentes.

En résumé, la synthèse dont le principe vient d'être décrit permet de préparer une catégorie de composés dont on ne connaissait encore aucun représentant; en outre, elle apporte le premier argument expérimental positif en faveur d'une structure symétrique du chromophore — ($C^8H^2O^4$) — des colorants de Pechmann.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Action du nickel de Raney sur quelques aldoximes.* Note de M. **Raymond Paul**, présentée par M. Robert Lespieau.

De nombreux auteurs ont étudié l'hydrogénation catalytique des oximes à l'aide du nickel, réduit, ou précipité sur un support inerte. Bien que les conditions opératoires aient été fort différentes les produits obtenus ont toujours été ceux qu'on pouvait normalement attendre, c'est-à-dire des imines ([1]), ou des mélanges d'amines primaires, secondaires et tertiaires ([2]).

L'emploi du nickel de Raney ([3]), qui, *a priori*, devait donner des résultats analogues, m'a permis d'hydrogéner très rapidement les cétoximes vers 80° en présence d'une petite quantité d'alcool. Par contre les quatre aldoximes que j'ai étudiées (éthanaldoxime, benzaldoxime, furfuraldoxime et cinnamylaldoxime) n'ont pu être hydrogénées qu'à froid et en solutions

([1]) Mignonac, *Bull. Soc. Chim.*, 4e série, 27, 1920, p. 387.

([2]) Mailhe, *Bull. Soc. Chim.*, 3e série, 33, 1905, p. 963; Mailhe et Murat, *ibid.*, 4e série, 9, 1911, p. 464; Wassiljew, *Ber. Dtsch. Ch. Ges.*, 60, 1927, p. 1122; Winans et Adkins, *Am. Chem. Soc.*, 55, 1933, p. 2051.

([3]) Le catalyseur utilisé avait été préparé en suivant les indications données dans une Note précédente (R. Paul et G. Hilly, *Bull. Soc. Chim.*, 5e série, 3, 1936, p. 2330).

très étendues, le catalyseur les transposant en amides, même à des températures peu élevées.

L'éthanaldoxime s'échauffe fortement au contact du nickel de Raney. Dans un essai portant sur 10^g d'oxime et 3^g de nickel, la température s'est élevée de 60°; l'échauffement est nettement localisé sur le catalyseur. Après une heure de contact à 100°, on a recueilli par distillation 8^g,8 d'acétamide (Éb. 221°-222°). Rendement 88 pour 100.

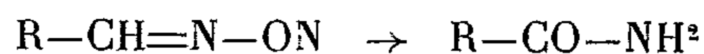
La benzaldoxime en solution éthérée bouillante donne avec le nickel de Raney 65 pour 100 de benzamide (P. F. 126°). Si l'on chauffe l'oxime (3^g,3) sans solvant avec une petite quantité de catalyseur (0^g,5) une vive réaction se déclenche vers 160°; lorsqu'elle est calmée on isole par cristallisation dans le benzène bouillant 2^g,5 de benzamide. Le rendement est alors de 75 pour 100.

La furfuraldoxime réagit encore plus facilement. A 100° on obtient 88 pour 100 de pyromucamide (P. F. 142°); mais la réaction tend à s'emballer et la température peut monter au delà de 150° si l'on ne refroidit pas énergiquement.

La cinnamylaldoxime a également donné dans des conditions analogues l'amide de l'acide cinnamique (P. F. 147°). Toutefois le rendement est moindre que dans les trois exemples précédents.

Le rôle du catalyseur est assez difficile à interpréter, mais il semble bien que, dans tous les cas, il se forme une combinaison oxime-nickel. L'acétaldoxime en particulier, maintenue quelques jours à la température ordinaire avec du nickel de Raney, donne un liquide rouge sang; après centrifugation prolongée, ce liquide a fourni par rectification sous basse pression de l'oxime inaltérée, de l'acétamide, ainsi qu'un résidu appréciable contenant du nickel, de l'aluminium et des traces de fer. Si, au contraire, la solution rouge est maintenue une heure à 100° avant la distillation, la quantité d'acétamide formée est considérablement augmentée.

La facilité avec laquelle il provoque la transposition



$$R{-}CH{=}N{-}ON \rightarrow R{-}CO{-}NH^2$$

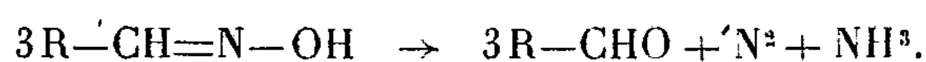
place le nickel de Raney bien à part dans la série des catalyseurs au nickel. Il se révèle ici bien supérieur au cuivre réduit ([4]) et à la terre acide japonaise ([5]) qui, s'ils provoquent aussi la transposition des aldoximes en

([4]) YAMAGUCHI, *Memoirs Coll. Sci. Kyoto Imp. Univ.* (A), 9, 1925, p. 33; *Bull. Chem. Soc. Jap.*, 1, 1926, p. 35 et 54.

([5]) INOUE, *Bull. Chem. Soc. Jap.*, 1, 1926, p. 177.

amides, entraînent la déshydratation de la majeure partie de celle-ci en nitriles et dans les cas les plus favorables ne donnent pas un rendement supérieur à 50 pour 100.

La seule réaction accessoire que j'ai pu déceler est la formation de petites quantités d'aldéhydes et d'ammoniac, provenant vraisemblablement de la réaction d'Angéli (6),



$$3R-CH=N-OH \rightarrow 3R-CHO + N^2 + NH^3.$$

Quant aux cétoximes et aux nitrosophénols, dont je poursuis actuellement l'étude, ils semblent se comporter d'une façon très différente.

CHIMIE APPLIQUÉE. — *Estérification du copal du Congo dans l'industrie des vernis gras.* Note de M. **Georges Dantlo.**

L'ester glycérique du copal Congo est connu. Son point de fusion n'est pas satisfaisant et, en règle générale trop décomposé, le produit possède une mauvaise odeur particulière.

Le copal pyrogéné de façon habituelle polymérise lors de l'estérification avec la glycérine. Coffignier et Terrisse ont proposé des procédés à l'huile de copal redistillée, huile de résine, naphtaline. Ellis et après Gardner et Holdt chauffent le copal pyrogéné encore des heures à hautes températures.

Dans la pyrogénation il y a transformation d'acides bibasiques en acides monobasiques et Hellinckx met en garde contre la décarboxylation trop poussée, transformation des oxyacides et cracking. Kienle d'autre part donne l'exemple de l'anhydride phtalique bibasique qui donne avec le glycol un produit colloïdal, avec la glycérine, où trois liaisons primaires entrent en jeu, une résine durcissable. Cette théorie est également valable pour le Congo.

Le copal du Congo pyrogéné ne polymérise pas avec l'alcool benzylique (indiqué par Coffignier) mais fournit un ester du P. F. 69°, avec le glycol le P. F. est de 94°. Dans les deux cas, pour avoir un indice d'acide au-dessous de 20°, il faut opérer 40 minutes à 295°C. ce qui industriellement présente d'énormes difficultés en raison du bas point d'ébullition de ces alcools. A des températures de 200-260° l'estérification reste incomplète.

(6) Angéli et Alessandri, *Ac. Lincei*, 22, 1913, p. 735.

Pour garder intactes les propriétés du copal pyrogéné, ne pas le décomposer par un long chauffage, avoir une solubilité suffisante tout en profitant l'action durcissante de la polymérisation, il faut utiliser un solvant intermédiaire approprié et procéder d'après mes essais comme suit :

100 parties de copal Congo pyrogénées (exemple : perte 21 pour 100, P. F. 93°, indice d'acidité 76,5, soluble à l'huile de lin à 300°C., rapport résine : huile = 1 : 1) sont portées avec 20 parties d'Albertol III L (ou autre résine semblable) à 295°C., 6 parties de glycérine sont introduites et l'on maintient la température pendant 40 minutes. Le produit résultant est un ester d'odeur normale, indice d'acide au-dessous de 20, P. F. 105°, se comporte comme le copal pyrogéné en ce qui concerne la solubilité à l'huile. Le même procédé s'applique également aux autres gommes, manille dure, etc.

En utilisant dans le même procédé, parties égales du pyrocopal et de l'Albertol (P.F. 93), l'ester obtenu est plus facilement soluble, déjà dans le Withe Spirit, son P.F. = 94.

Si dans le premier exemple la colophane modifiée à l'aide d'un produit formo-phénolique (Albertol III L) est remplacée par l'ester glycérique de la colophane, la polymérisation est évitée également, P.F. seulement 87.

On peut encore estérifier la glycérine préalablement partiellement avec la colophane (9 colophane et 3 glycérine 3 heures minimum à 295°C, réaction *violente*) et estérifier 100 copal pyrogéné avec 36 parties de ce produit pour obtenir après une heure à 295° un ester relativement clair, P.F. 87.

P.F. = pour le point de fusion la résine a été réduite en poudre, introduite dans un tube capillaire et le premier changement d'aspect a été noté.

GÉOLOGIE. — *Découverte du Nummulitique dans l'île de Shadwan (Mer Rouge).* Note [1] de M. **Jean Cuvillier**, présentée par M. Charles Jacob.

Parmi les nombreux matériaux rapportés par Nasri Shoukri Eff. de la récente croisière en Mer Rouge du *Manbahith* sous les auspices de l'Université égyptienne et dont l'étude d'ensemble doit faire l'objet d'un

(1) Séance du 25 janvier 1937.

travail ultérieur, j'ai eu la surprise de rencontrer des éléments d'un niveau à Foraminifères appartenant incontestablement au Nummulitique. Il s'agit essentiellement d'un calcaire rouge-brunâtre ferrugineux et passablement siliceux, provenant de la portion sud-ouest de l'île de Shadwan (Western Bay), dont l'affleurement est distant d'environ $1^{km},5$ du rivage.

Les seuls fossiles macrospiquement déterminables dans les échantillons de roche étudiés sont des *Operculina canalifera* d'Arch.; l'examen en lames minces m'a permis d'y identifier, en outre, les organismes suivants : des Nummulites à grande loge initiale, de petite taille, assez globuleuses, qui pourraient se rapporter à *N. atacicus* Leym. avec d'autres formes montrant des individus à microsphère, plus grandes et le plus souvent fragmentées; des débris de réseau d'Orthophragmines, de mauvaises sections d'une Alvéoline rappelant les caractères de *A. oblonga* d'Orb., des Textulaires, des Milioles et des fragments de tests d'Échinides et de Mollusques.

Bien que les renseignements tirés des coupes minces ne soient pas très précis, l'association des grands Foraminifères précités me conduit à situer vers la base de l'Éocène moyen le niveau dont ils sont issus ; la position des Alvéolines dans le Nummulitique égyptien est, en effet, assez constante; elles apparaissent surtout dans les sédiments que surmontent les bancs à *Nummilites gizehensis* Forsk, où il n'est pas rare de trouver aussi des Orbitolites; par ailleurs, la présence d'exemplaires parfaitement conservés d'*Operculina canalifera* m'incline à attribuer au Lutétien inférieur la couche à Foraminifères rencontrée, en place, semble-t-il, par Nasri Shoukri Eff. dans l'île de Shadwan.

Cette découverte, outre qu'elle vient démontrer l'existence d'un développement autrefois plus considérable du Nummulitique à l'est de la chaîne arabique, apporte des arguments nouveaux en faveur de la théorie de Ball ([2]) pour la formation par érosion, plutôt que par effondrement, du golfe de Suez à l'entrée duquel se présente l'îlot de Shadwan où la superposition du Miocène à l'Éocène indique une succession analogue à celle que l'on peut observer à proximité du rivage africain de la Mer Rouge et à la même altitude.

([2]) J. Bail, *The Gulf of Suez, Geol. Mag.* (V), 8, 1, Dec. 1911, p. 1-10, London.

GÉOLOGIE. — *Métamorphisme et plissement.*
Note de M. **René Perrin**, présentée par M. Louis de Launay.

Marcel Bertrand et Termier ont remarqué la liaison entre séries cristallophylliennes et chaînes de montagne. La théorie des nappes appliquée spécialement aux Alpes, accompagnée d'une conception de la mobilité des continents, héritée de Wegener, a conduit à la prédominance d'une conception purement mécanique de l'orogenèse. Le métamorphisme du mésozoïque des Alpes est pour les uns régional et antérieur à la formation de la chaîne (École française), pour d'autres pur dynamométamorphisme, sans apport de substances (École suisse), les granites tertiaires en étant une conséquence extrême (Lugeon). Cependant certains auteurs pensaient que des intrusions de magmas ont dû être guidées par des plissements (Argand-Demay).

Dans des Notes précédentes, j'ai exposé la théorie du métamorphisme par diffusions et réactions à l'état solide, puis tiré la conséquence logique : ces échanges s'accompagnant de changements de volume, le métamorphisme est générateur de plissement. Développant ces idées, j'ai été amené à écrire :

1° Des discordances sur cristallin ne prouvent pas toujours l'antériorité d'âge de celui-ci en cet état;

2° Nombre des terrains cristallins des Alpes, spécialement les noyaux pennins, sont de formation alpine en leur état actuel;

3° Le métamorphisme a joué un rôle dans le plissement alpin sans qu'on puisse préciser encore l'importance de ce rôle.

Demay, qui dès 1926, montra dans les Cévennes l'alternance des phénomènes magmatiques et déformations orogéniques et précisa en 1933 l'importance d'injections magmatiques syntectoniques, émet récemment l'hypothèse que les grandes séries gneissiques de métamorphisme régional sont dues au jeu alternant ou simultané de phases dynamiques et d'actions magmatiques du même cycle orogénique. Wegmann établit une liaison étroite entre l'importance de la magmatisation, forme profonde de métamorphisme avec apport de substances, la hauteur qu'elle atteint dans les couches superposées d'une part, et d'autre part, l'intensité et la forme du plissement et des nappes ou écailles; il applique ces conceptions aux Alpes. Il ajoute que le mode de déformation de l'édifice supérieur et du cristallin

inférieur sont si différents que peut-être on a à tort à maints endroits envisagé des discordances.

Rheinard croit à la refusion presque complète ou la migmatisation pendant le cycle alpin d'anciennes roches cristallines pour donner naissance aux noyaux pennins; ceux-ci sont reliés dans le temps par des intermédiaires, comme cocogneiss et tonalite au granite de Bergell; il ajoute que les observations de Klemm et Rothpletz qui considéraient comme alpin les noyaux pennins, ne sont plus en contraste aussi accentué avec les conceptions des géologues suisses. Pour lui l'orogénie s'accompagne de refusion, migmatisation, granitisation. Hans Cloos écrit que différenciation et mouvement sont intimement liés.

Ainsi, s'écartant du dynamométamorphisme, une tendance se fait jour à établir une liaison entre mouvement et migmatisation, granitisation, autrement dit métamorphisme profond. Mais migmatisation implique apports de substances sans refusion, puisque subsiste la trace de l'ancienne structure, c'est un métamorphisme à l'état solide, il y a donc obligatoirement changement de volume, donc déformation. Le métamorphisme correspondant est générateur de plissement. Tout le problème est de savoir s'il est la cause originelle du plissement qui, à son tour, par amélioration de contact et déformation, facilite la progression du métamorphisme ou si un plissement d'origine mécanique est cause de migmatisation avec apports de substances, créateurs à leur tour d'effets secondaires de plissement. Ce sont les deux théories, différant par le point de départ, entre lesquelles il faudra choisir; l'étude de l'ensemble des chaînes doit donner la réponse. Il n'y a pas, comme le pense Wegmann, toujours parallélisme entre intensité du plissement et hauteur de la migmatisation. Les granites de la Kabylie de Collo, de même origine pour moi qu'une migmatite, atteignent le tertiaire dans une zone de plissement peu accentué. Je crois que l'intensité de celui-ci résulte de l'importance des échanges chimiques, donc de la nature des terrains antérieurs et il peut y avoir granitisation sans changements de volume importants. La part grandissante donnée au métamorphisme alpin m'amène à penser qu'il se suffit à lui-même si l'on ramène les nappes à une échelle raisonnable. Enfin le déplacement des continents reste hypothétique; il ne peut y avoir coupure entre Sial et Sima et Wegmann note que le *Oberbau* ou les nappes glissent sur le *Unterbau* et non sur le Sima. Aussi j'incline vers la première hypothèse.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Sur les oxydations respiratoires : oxydations intrinsèques et extrinsèques.* Note de M. **Lucien Plantefol**, présentée par M. Marin Molliard.

Il y a longtemps que l'attention des physiologistes a été attirée sur la complexité des échanges gazeux que l'on réunit sous le mot respiration, parce qu'ils se traduisent par une fixation d'oxygène emprunté au milieu et par un rejet de gaz carbonique dans ce milieu. Il est nécessaire de procéder à l'énumération et à l'étude de ces phénomènes, pris isolément; ils diffèrent en effet et par leur nature, et par le rôle qu'ils jouent dans les phénomènes vitaux.

Palladine a montré (¹) que des feuilles étiolées, placées dans une solution de saccharose, présentent une augmentation importante de leur respiration. On sait aussi que des Levures, des Champignons ont une intensité respiratoire toute différente suivant qu'ils sont en présence d'un sucre ou non. A la suite de Palladine, on s'est représenté qu'un sucre comme le glucose pénètre dans les cellules en tant qu'aliment, y participe aux phénomènes respiratoires normaux dont il élève le niveau; son oxydation au sein des cellules aurait même pour effet de protéger les substances protéiques cellulaires contre la dégradation respiratoire.

On a au contraire émis l'hypothèse que des aliments pourraient être oxydés directement par l'oxygène libre, en milieu liquide, sur des surfaces actives. Dans le domaine physicochimique, A. Mayer et Wurmser (²) ont établi que des acides organiques pouvaient, au seul contact de charbon pulvérisé, être dégradés jusqu'à CO^2 et H^2O. J'ai montré avec A. Mayer et Houget (³) que l'acide oxalique se brûle par l'oxygène libre au contact des Mousses; oxydation purement physicochimique, car elle est 100 fois plus intense que la respiration et réalisable sur des Mousses tuées. Dans les mêmes conditions le glucose donne un phénomène faible.

Il semble donc, *a priori*, qu'une étude physiologique puisse tenter de distinguer deux séries de phénomènes dans l'ensemble des oxydations que manifeste la matière vivante en présence d'un aliment oxydable; 1° des oxydations biologiques normales, en relation avec les fonctions qu'implique

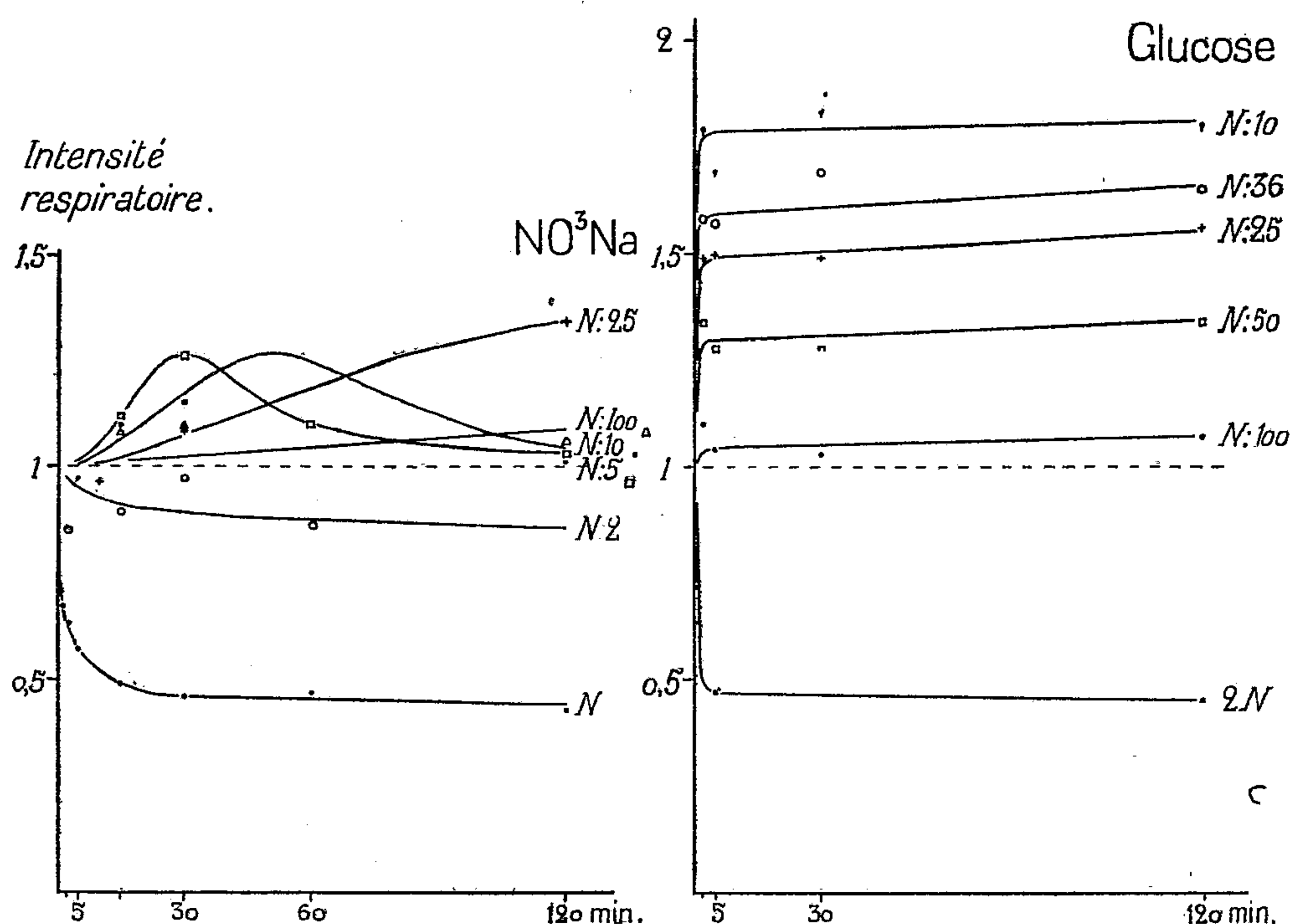
---

(¹) *Rev. gén. Bot.*, 5, 1893, p. 449.
(²) *Ann. de Physiol.*, 2, 1926, p. 329.
(³) *Ann. de Physiol.*, 4, 1927, p. 663.

l'état de vie, se manifestant, même en l'absence d'aliment, tant que dure la vie, si l'oxygène est présent; je propose de les appeler *oxydations intrinsèques*; 2° des oxydations produites hors des cellules vivantes, à leur contact, du fait de la structure de la matière vivante; à de telles oxydations, ne dépendant pas des fonctions qui constituent la vie, mais de la rencontre entre l'oxygène et une substance oxydable à la surface de la matière vivante, convient le nom d'*oxydations extrinsèques*.

Une première méthode d'analyse consiste à comparer les modifications du phénomène respiratoire dans les divers cas où l'on augmente son intensité.

En l'absence d'aliments extérieurs, les échanges respiratoires normaux répondent à la définition même des oxydations intrinsèques. Lorsqu'on



élève l'intensité respiratoire par l'action de solutions salines, ce sont nécessairement les oxydations intrinsèques qu'on augmente. Lorsqu'on élève l'intensité respiratoire par l'action d'un aliment oxydable, comme le glucose, celui-ci peut théoriquement agir comme un excitant des oxydations intrinsèques (c'est une expression de l'hypothèse de Palladine), ou parce qu'il déclenche des oxydations extrinsèques (c'est l'hypothèse que j'ai

formulée) ([4]). Les modalités de la réaction respiratoire à l'action des sels ou de l'aliment sont-elles identiques ? la première hypothèse est vraisemblable; diffèrent-elles profondément ? c'est au contraire la seconde qui le devient.

Deux courbes expriment les variations de l'intensité respiratoire, pour l'*Hypnum triquetrum*, après immersion pendant des temps divers en présence de solutions d'un sel (NO^3Na) ou de glucose (voir figure).

Les actions sont absolument différentes, sauf aux concentrations moléculaires élevées (NO^3Na : N — glucose : 2N) agissant également par leur forte pression osmotique. Aux concentrations produisant des augmentations d'oxydations, l'action de NO^3Na varie en fonction du temps de contact, excitation d'abord, inhibition ensuite, indiquant une pénétration progressive du sel et une réaction cellulaire; l'action du glucose est marquée par l'instantanéité avec laquelle elle se manifeste, sitôt le contact entre Mousses et solution, et par sa valeur presque fixe, quel que soit le temps de contact.

Ces faits sont totalement en faveur d'une interprétation des oxydations fournies par le glucose comme des oxydations intrinsèques.

MYCOLOGIE. — *Observations statistiques et mycologiques sur les teignes humaines au Maroc.* Note de M. **Maurice Langeron**, présentée par M. Alexandre Guilliermond.

Au Maroc français, les teignes humaines n'ont pas encore fait l'objet d'une étude systématique. Au cours d'une mission, organisée en août-novembre 1936 par l'Institut Pasteur du Maroc, j'ai eu l'occasion d'examiner environ 3000 enfants et de recueillir 2006 échantillons de cheveux teigneux dans le Maroc occidental français, du Gharb au Rio de Oro, ainsi que dans l'Anti-Atlas, le Moyen et le Grand Atlas.

L'étude des 308 premières cultures, obtenues par l'ensemencement méthodique de ce matériel, permet de confirmer et d'étendre les résultats déjà acquis au Maroc espagnol par M. Baeza ([1]), puis par M. Langeron et M. Baeza ([2]). Au Maroc espagnol en effet, l'étude de 464 teigneux a donné 304 favus contre 160 trichophyties, dont 157 produites par des *Trichophyton endothrix* à cultures glabres (*T. violaceum* et *T. glabrum*). Au

([4]) *Rev. de Cytol. et Cytophysiol. vég.*, **1**, 1934, p. 1.

([1]) *Annales de parasitologie humaine et comparée*, **12**, 1934, p. 405-407.

([2]) *Ibid.*, **14**, 1936, p. 385-402, planches 15-20.

Maroc français, la proportion de trichophyties paraît bien moindre : environ 10 pour 100 (38 sur 308 cas) contre 50 pour 100 (160 sur 304). Il y a même, dans le Moyen Atlas, trois localités (Khenifra, El Kbab, Ifrane) où, sur un total de 105 teigneux, il n'a été rencontré aucun cas de trichophytie. Les trichophyties du Maroc français sont produites aussi par des *Trichophyton endothrix* à cultures glabres.

Sur 304 cas de favus clinique, au Maroc espagnol, 175 étaient produits par l'*Achorion schönleini* du type classique, à cultures glabres, cireuses, spongieuses, superficielles. Les 129 autres cas ont donné cinq types de colonies bien différentes, dont quatre ont été retrouvés au Maroc français.

Le type que nous avons nommé *milochevitchi*, immédiatement reconnaissable à ses colonies entourées d'une large zone immergée, a été trouvé 77 fois sur 304 au Maroc espagnol et 55 fois sur 270 au Maroc français. Dans cette dernière zone, le type *brumpti*, à colonies grumeleuses, jaunâtres, largement développées et pénétrantes, colorant lentement en brun le milieu de culture, a été vu dans 36 cas sur 270, contre 6 sur 304 au Maroc espagnol, où le type *debueni*, formant très lentement de petites colonies farineuses, s'est montré 22 fois sur 304, contre 31 sur 270 au Maroc français.

Le type *pittalugai*, à colonies cratériformes, très creuses et à rebord élevé, n'a été vu que 6 fois sur 270 au Maroc français, contre 15 sur 304 au Maroc espagnol. Le type *talicei*, à colonies en roue, à jante et rayons épais, rencontré 9 fois sur 304 au Maroc espagnol, n'a pas encore été trouvé dans les matériaux du Maroc français. Il importe de noter aussi que, dans ces matériaux, aucune souche ne nous a encore donné le type classique *Achorion schönleini* : ce sont les colonies du type *brumpti* qui s'en rapprochent le plus, tout en restant bien distinctes.

Cette statistique préliminaire montre donc qu'en s'éloignant du littoral méditerranéen, on voit, au Maroc, disparaître le favus classique à *Achorion schönleini*. Les caractères cliniques de la maladie restent les mêmes, mais les parasites qui la produisent sont différents : ils appartiennent à plusieurs types, bien distincts par la morphologie microscopique des cultures, mais très voisins les uns des autres par leurs caractères microscopiques, notamment l'abondance d'aleuries parfaites, manifestée par l'aspect farineux de toutes nos colonies. Le cheveu parasité est toujours un cheveu favique typique et la présence ou l'absence de godets ne paraît avoir aucun lien avec le type parasitaire.

Par contre, l'examen microscopique de ces cheveux a montré la présence

fréquente d'un caractère déjà signalé et figuré par nous pour le Maroc espagnol et aperçu quelquefois aussi par Catanei ([1]) en Algérie. C'est l'existence, autour des cheveux faviques, d'une gaine de grosses spores, en tout semblable à celle des *Trichophyton endo-ectothrix* mégasporés à cultures faviformes. L'existence certaine de cette gaine confirme le rapprochement déjà proposé par nous entre les *Achorion* humains et les mégaspores faviformes des bovins et ovins.

Ces éléments statistiques montrent, au Maroc, l'énorme prépondérance et même la présence presque exclusive de teignes humaines (favus et trichophyties) produites par des dermatophytes à cultures glabres. Cette prépondérance s'affirme au fur et à mesure qu'on descend vers le sud, où les trichophyties régressent notablement en faveur du favus. Il est vraisemblable que ces faits de distribution géographique sont, pour les dermatophytes comme pour les autres végétaux, sous la dépendance d'influences climatiques.

ZOOLOGIE. — *Signification de la glande du calcaire des* Nerita. Note ([1]) de M. **J. Risbec.**

Chez les *Nerita*, on trouve, annexé à l'utérus, un petit sac qui débouche tout près de l'orifice génital. C'est la poche du calcaire que les anglais ont appelé crystal sac. On y trouve, à certains moments, des corpuscules calcaires réfringents, sphériques, ovoïdes ou lenticulaires. Les auteurs se sont demandé quel était le rôle de cette glande. Bourne ([2]) a pensé qu'il s'agissait d'une glande destinée à la formation de la paroi de l'oothèque. Cette hypothèse était plausible, quoique, d'une manière générale, les oothèques soient formées par des sécrétions des glandes pédieuses.

Simroth ([3]) discutant le Mémoire de Bourne rejetait son hypothèse comme ne s'appuyant pas sur des observations et en proposait une autre. A son avis, le sac calcaire (*crystal sac*) serait seulement une poche du dard de Pulmoné ayant cessé d'être fonctionnelle lors de l'immersion d'un

([1]) *Arch. Inst. Pasteur d'Algérie*, **14**, 1936, p. 17.

([1]) Séance du 25 janvier 1937.
([2]) *Proc. Zool. Soc.*, 1908, p. 1810-87.
([3]) *Proc. Mal. Soc.*, 9. 1910, p. 27-33.

ancêtre terrestre. Un peu de calcaire continuerait d'être secreté sous la forme commune de calco-sphérites mais sans qu'aucun dard soit formé.

La manière de voir de Simroth n'était pas appuyée non plus sur des observations et avait sur celle de Bourne le désavantage de ne pas même être logique. C'est une de ces hypothèses qu'il est absolument impossible de vérifier comme exactes mais dont on peut heureusement prouver qu'elles sont fausses. Bourne avait raison.

D'autre part, les pontes de *Nerita* n'étaient connues que par une description de Hedley pour *N. melanotragus* E. A. Smith. Cet auteur avait cru que la ponte était constituée par une membrane sur laquelle les œufs étaient incrustés et visibles ainsi de l'extérieur. En réalité j'ai montré (1), pour *N. abicilla* L. et *N. reticulata* Karsten, que les œufs sont enveloppés dans une oothèque lenticulaire, fixée d'un côté au rocher, présentant de l'autre une membrane sur laquelle les prétendus œufs de Hedley sont en réalité de petites granulations calcaires réfringentes.

Pour *N. albicilla* et *N. reticulata*, j'ai pu ainsi observer à la fois la glande du calcaire sur l'animal frais et les oothèques. Or les granulations de la glande sont celles qu'on retrouve dans la paroi de l'oothèque. Lors de la ponte, le pied doit déposer, comme à l'ordinaire, une lame basilaire recouvrant le support, amener ses œufs au-dessus de la lame, puis, en même temps que les grains de calcaire sont amenés, à la manière des œufs, les cimenter à l'aide de sa sécrétion propre.

Ainsi se trouvent expliqués, à la fois, le rôle de cette glande calcaire assez énigmatique et la constitution très curieuse de la paroi des oothèques. Celle-ci a une origine double; d'une part les calco-sphérites sécrétés par la glande annexée à l'utérus, de l'autre un ciment fourni par la glande pédieuse.

Il y a lieu de remarquer pour terminer que la constitution très résistante des oothèques est en rapport avec la très longue durée nécessaire au développement des œufs et des larves. Ce développement, à l'intérieur de l'oothèque dure, en effet, environ 2 mois. Ce n'est qu'à l'état de petites *Nérites*, de forme définitive, que les jeunes quittent leur abri après être passés par le stade veliger. Il est nécessaire aussi que l'enveloppe soit bien protégée car les pontes sont déposées en des lieux exposés. On les trouve sur des rochers battus des vagues et même, très souvent, sur les coquilles

(1) *Soc. Zool.*, 57, 1932, p. 358-376.

d'exemplaires vivants de l'espèce, ou alors elles sont encore plus souvent en danger de destruction. La forme lenticulaire, très surbaissée de l'oothèque, constitue d'ailleurs une première protection.

ZOOLOGIE. — *Les Araignées apneumones.*
Note ([1]) de M. **Louis Fage**, présentée par M. Charles Gravier.

Jusqu'en 1913 il paraissait établi que, seuls de toutes les Araignées, les représentants de la famille des *Caponiidæ* étaient dépourvus de sacs pulmonaires remplacés chez eux par des trachées antérieures.

A cette date je fis connaître ([2]) la disposition très remarquable des organes respiratoires du *Telema tenella* E. S., espèce minuscule, aveugle et propre aux grottes des Pyrénées Orientales. Là aussi les poumons sont absents : les stigmates antérieurs, situés de chaque côté de l'épigastre, à la place qu'occupent normalement les stigmates pulmonaires, donnent chacun accès à un vestibule très court, d'où partent isolément quatre troncs trachéens volumineux. Les stigmates postérieurs, également indépendants l'un de l'autre, sont situés à égale distance de l'épigastre et des filières; de leur vestibule assez court partent cinq à six branches principales, isolées dès la base.

Quelques années plus tard, je décrivis ([3]) une disposition analogue chez l'*Apneumonella oculata* Fage des grottes de l'Afrique Orientale, qui, avec l'espèce précédente, devait former la famille des *Telemidæ*.

Dix ans après, V. H. Hickman ([4]) put ajouter à cette courte liste une espèce de Tasmanie, le *Symphytognatha globosa* Hickman, dont les poumons absents sont également remplacés par des trachées, et dont la femelle présente de plus cette anomalie singulière d'être privée du palpe de la patte-mâchoire. Les lames-maxillaires sont présentes, mais leur palpe est réduit à un infime rudiment. En raison surtout de ces deux caractères exceptionnels, Hickman proposa de ranger cette espèce dans une famille spéciale, celle des *Symphytognathidæ*.

Or l'absence de palpe à la patte-mâchoire n'est pas spéciale à cette

---

([1]) Séance du 25 janvier 1937.
([2]) *Arch. Zool. exp. et gén.*, 5e série, 10, 1913, p. 489.
([3]) *Comptes rendus*, 172, 1921, p. 160, et *Arch. Zool. exp. et gén.*, 60, 1922, p. 528.
([4]) *Proc. Zool. Soc.*, London, 1931, (2), fig. 6, p. 1321.

forme. E. Simon (¹) avait déjà signalé ce caractère insolite chez les représentants des *Anapeæ* de l'Ancien Monde pour lesquels il avait proposé les genres *Pseudanapis* et *Anapogonia*.

Il m'a paru intéressant, aussi bien pour fixer la position systématique de ces différents genres que pour rechercher si l'absence de patte-mâchoire et celle de poumon pouvaient être envisagées comme des caractères corrélatifs, d'examiner les organes respiratoires de quelques-unes de ces espèces litigieuses, espèces de dimensions extrêmement réduites, dépassant de peu le millimètre et malheureusement fort rares dans les collections.

Cette étude a révélé deux faits importants : 1° l'absence de poumons et leur remplacement par des trachées spiralées non seulement dans les genres *Pseudanapis*, *Chasmocephalon* et très probablement *Anapogonia* d'Europe, d'Afrique, Nouvelle-Calédonie et Insulinde, mais aussi dans le genre *Anapis* du Nouveau-Monde; 2° l'absence de trachées postérieures dans tous les genres dont les femelles sont privées de pattes-mâchoires, c'est-à-dire dans les trois premiers genres énumérés ci-dessus et en outre dans le genre *Symphytognatha*.

Nous connaissons donc maintenant trois familles d'Araignées apneumones : celles des *Caponiidæ*, des *Telemidæ* et des *Symphytognathidæ*, cette dernière comprenant désormais, outre le genre *Symphytognatha*, les genres *Pseudanapis*, *Chasmocephalon* et *Anapogonia*. Quant au genre américain *Anapis*, bien que également apneumone, il mérite sans doute une place à part en raison de l'existence de trachées postérieures et de pattes-mâchoires normales.

Il est en tout cas fort curieux de constater la corrélation existant entre la perte du palpe de la patte-mâchoire chez la femelle, caractère encore plus exceptionnel (puisque, dans l'ordre entier des Araignées, il ne s'observe que chez les *Symphytognathidæ*) et la perte des trachées postérieures. Si l'on admet que la patte-mâchoire des Arachnides correspond aux mandibules des Crustacés, c'est l'organe homologue au palpe mandibulaire qui fait ici défaut. De telles anomalies sont fréquentes chez les Crustacés mais, on le voit, extrêmement rares chez les Arachnides où ce palpe subit, au contraire et le plus souvent, une évolution très spécialisée le rendant apte à la marche, à la préhension et, chez tous les mâles d'Araignées, à la copulation.

(¹) *Mitt. Naturh. Museum*, 22, 1905, p. 63.

ZOOLOGIE. — *Quelques observations sur le développement embryonnaire des Madréporaires.* Note de M. **Constantin Dawydoff**, présentée par M. Maurice Caullery.

Durant mon séjour en Indochine, j'ai eu l'occasion d'étudier l'embryogénie des Madréporaires. Mes recherches ont porté sur plusieurs formes (*Cyphastræa*, *Favia*, *Stylophora*, *Mæandrina*, *Goniastræa*, *Seriatopora*, *Pœcillopora*, *Acropora*).

Ayant en vue de vérifier les résultats des recherches de Krempf, qui sont en contradiction avec tous les principes de l'embryologie et de la morphologie des Anthozoaires, j'ai fixé mon attention sur les espèces mêmes qui ont fait l'objet des études de cet observateur : *Pœcillopora cespitosa* Lam. et *Seriatopora gracilis* Dana.

L'ovule très jeune de *Seriatopora*, inclus dans la paroi mésentérique maternelle, présente une large zone centrale cytoplasmique, au centre de laquelle se trouve le noyau volumineux. A la périphérie de l'ovule, on distingue des granulations formées d'une substance d'apparence cristalloïde, qui se colorent en noir par l'acide osmique. A la fin de l'ovogenèse, ces cristalloïdes se concentrent au pôle animal de l'œuf, en y constituant une couche délimitée, mince, mais assez étendue. La zone cytoplasmique se déplace aussi vers le pôle animal de l'œuf et c'est précisément dans cette zone que se sont localisées les granulations cristalloïdes.

L'œuf prêt à la segmentation est gorgé de vitellus et son noyau est très difficile à discerner; il perd de sa netteté bien avant les stades terminaux de l'ovogenèse. L'œuf non fécondé de *Seriatopora* ne possède jamais de zooxanthelles, bien que la cloison maternelle, où il est inclus, en soit bourrée. Ces algues ne pénètrent dans l'embryon qu'après la segmentation.

Chez *Pœcillopora*, les granulations cristalloïdes n'apparaissent pas. En tout cas, elles ne constituent jamais dans l'œuf une formation quelque peu localisée. La particularité la plus remarquable de l'ovogenèse de *Pœcillopora* consiste en l'apparition très précoce de zooxanthelles dans l'œuf. Ces zooxanthelles passent de la cloison maternelle dans l'ovule à des stades très jeunes, et, en tout cas, avant la fécondation, qui a lieu avant la fin de la croissance. Il semble que, pour que ces algues puissent pénétrer dans l'œuf, ce dernier doit être mûr. Quoiqu'il en soit, l'œuf fécondé

manifeste toujours la présence des zooxanthelles; elles sont placées excentriquement et ne sont jamais nombreuses à ces stades. La cloison maternelle contenant l'ovule ne contient d'ailleurs, chez *Pœcillopora*, qu'un nombre assez restreint d'algues parasites.

Chez tous les Madréporaires que j'ai étudiés, les zooxanthelles se localisent toujours chez l'embryon dans l'entoderme et surtout dans la zone périphérique de celui-ci, au voisinage immédiat de l'ectoderme; jamais on n'observe la présence de zooxanthelles dans l'ectoderme, ni chez l'embryon, ni chez la larve.

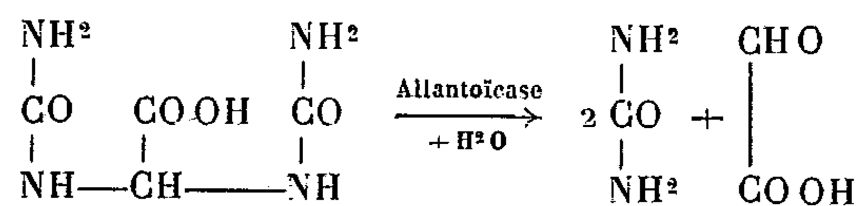
Chez tous les Madréporaires étudiés, la segmentation de l'œuf qui est surchargé de vitellus, est superficielle (intravitelline). Le noyau initial de l'œuf se divisant donne naissance à des noyaux fils qui se divisent à leur tour. Les caryocinèses sont bien reconnaissables. Tous ces noyaux gagnent la périphérie de l'œuf en suivant les tractus cytoplasmatiques qui garnissent tous les intervalles entre les sphérules de vitellus, et il se constitue ainsi un réseau syncytial. A la fin de la segmentation, toute la zone périphérique de l'œuf renferme un très grand nombre de noyaux disposés en plusieurs couches et mêlés avec les zooxanthelles. Une partie des noyaux reste dans la zone centrale de l'œuf, où l'on trouve souvent aussi des zooxanthelles isolées.

Il me semble qu'on peut observer parfois (*Goniastræa*, *Favia*) une différenciation dans la structure des noyaux centraux et périphériques, peut-être en rapport avec leurs potentialités entodermiques ou ectodermiques futures. Chez la plupart des espèces examinées, la zone périphérique de l'embryon, où se trouvent accumulés densément les noyaux immigrés, est généralement très épaisse et représente histologiquement un syncytium, dans lequel les éléments ecto- et entodermiques sont mêlés. La formation des feuillets germinatifs se fait par une sorte de délamination syncytiale. Les noyaux de la zone périphérique se disposent en deux couches superposées, qui finissent par se transformer en deux assises épithéliales, dont la superficielle donne l'ectoderme, tandis que la couche sous-jacente, avec la masse centrale syncytiale, représente l'ébauche de l'entoderme. La différenciation de l'épithélium entodermique à la périphérie de cette masse et l'apparition de la cavité gastrulaire dans son centre sont assez tardives. Chez *Seriatopora* et *Pœcillopora*, cette cavité gastrulaire est très réduite et l'entoderme durant toute la vie embryonnaire reste fortement vacuolisé et très peu différencié. Chez *Stylophora digitata* Pall, au contraire, le gastro-

cœle est bien développé et l'entoderme qui le tapisse se présente sous forme d'une assise cellulaire, assez épaisse et aussi très vacuolisée, mais souple. Chez tous les Madréporaires étudiés (sauf *Stylophora*), à l'intérieur de la cavité gastrulaire de l'embryon, on trouve toujours une réserve de vitellus inerte. C'est une portion centrale non différenciée du syncytium vitellin qui sert à la nutrition de l'embryon et qui est résorbée chez les larves libres.

CHIMIE PHYSIOLOGIQUE. — *Un nouvel enzyme, l'allantoïcase. Sa présence dans le règne animal.* Note (¹) de M. **Arthur Brunel**, présentée par M. Richard Fosse.

L'*allantoïcase*, nouvelle hydrolase qui possède la propriété de scinder l'acide allantoïque en deux molécules d'urée et une molécule d'acide glyoxylique,



a été signalée pour la première fois dans les mycéliums de *Sterigmatocystis nigra* et de *Sterigmatocystis phœnicis* [2].

Nous nous proposons de démontrer que les végétaux ne sont pas les seuls êtres vivants capables, par voie enzymatique, de transformer l'acide allantoïque en urée et acide glyoxylique, mais que cette propriété appartient aussi à certains animaux.

Recherche d'un enzyme hydrolysant l'acide allantoïque dans le foie de *Raja clavata* L.

Préparation d'une poudre de foie de Raie. — Le foie de Raie broyé à l'appareil Latapie est additionné de son poids d'eau ; après deux heures de contact, la macération est précipitée par cinq fois son volume d'alcool à 96°. On centrifuge très rapidement, on lave le dépôt quatre fois à l'éther anhydre, puis on le sèche dans le vide sur chlorure de calcium ; la matière ainsi obtenue après broyage constitue la poudre enzymatique.

(¹) Séance du 25 janvier 1937.

(²) A. Brunel, *Le métabolisme de l'azote d'origine purique chez les Champignons* (*Thèse Doct. Sc. Nat.*, Paris, 1936).

Expériences. — On place au bain d'eau à 38°, dans des tubes à centrifuger, des milieux de composition :

	E.	T.
Mélange tampon de Clark et Lubs à pH = 7,3......	20^{cm^3}	20^{cm^3}
Allantoate de potassium........................	$0^g,04$	$0^g,04$
Poudre de foie de Raie.........................	$0^g,20$	–
Même poudre portée 30 minutes à 100° pour détruire les enzymes..................................	–	$0^g,20$
Toluène (gouttes)..............................	10	10

Préparation du milieu T. — On pèse $0^g,2$ de poudre enzymatique dans un tube à centrifuger, on ajoute 10^{cm^3} du mélange tampon et l'on porte le tout au bain d'eau à 100°, au reflux, pendant 30 minutes. Après refroidissement complet on ajoute encore 10^{cm^3} du mélange tampon, puis l'allantoate de potassium et le toluène.

Expériences E *et* T. — Après 1 heure, 2 heures, 3 heures, on recherche dans E et T l'acide glyoxylique par la très sensible réaction colorée phénylhydrazinique de R. Fosse et A. Hieulle (3) et l'urée par sa combinaison dixanthylée. Les résultats sont positifs pour E et négatifs pour T.

Alors que, dans l'expérience E, il est facile de caractériser la formation de la carbamide et de l'acide glyoxylique par voie enzymatique, dans l'expérience T, où les enzymes ont été détruits par la chaleur, on ne constate pas de production d'urée et d'acide glyoxylique aux dépens de l'acide allantoïque.

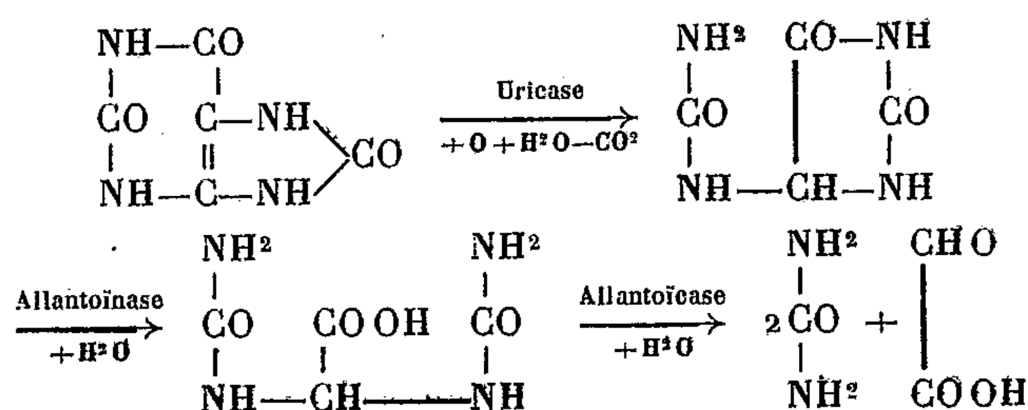
Ces expériences démontrent l'existence dans le foie de *Raja clavata* L. de l'*allantoïcase*, hydrolase qui scinde l'acide allantoïque en acide glyoxylique et urée.

L'*allantoicase* a pu aussi être caractérisée dans le foie de *Raja punctata* Risso et dans le foie de certains Batraciens : *Rana esculenta* L. ♂♀, *Rana temporaria* ♂♀ et *Rana agilis* Thomas ♂♀.

Conclusion. — Des recherches antérieures de St. J. Przylecki (4) ont établi la propriété des Poissons et des Batraciens de dégrader l'acide urique en urée en passant par l'allantoïne. En réalité cette dégradation comporte une étape supplémentaire : l'acide allantoïque (5), qui est ensuite scindé en urée et acide glyoxylique par l'allantoïcase.

(3) *Comptes rendus*, 179, 1924, p. 637.
(4) *Arch. Inter. Physiol.*, 24, 1925, p. 317.
(5) R. Fosse, A. Brunel et P. De Graeve, *Comptes rendus*, 190, 1930, p. 79.

Le mécanisme du catabolisme de l'azote d'origine nucléoprotéique chez les Sélaciens (Rajidés) et chez les Batraciens (Ranidés) peut donc se schématiser de la façon suivante :



L'*allantoicase* vient prendre place dans la série des enzymes de dégradation du noyau purique : *purinoxydases*, *uricase*, *allantoinase*, *allantoicase* et *uréase*.

SÉROLOGIE. — *Sur les relations entre l'alexine et la protéine visqueuse du sérum.* Note de M. **Maurice Doladilhe**, présentée par M. Félix Mesnil.

Après une dialyse d'une dizaine d'heures, coupée de fréquents changements d'eau, un sérum sanguin est suffisamment déminéralisé pour que sa protéine visqueuse ([1]) soit sensible à l'action floculante des ions hydrogène. Séparée dans ces conditions, cette protéine possède, à un degré notable, les propriétés que nous exposons ci-dessous :

Elle augmente le pouvoir alexique d'un sérum sanguin auquel on l'additionne; elle accélère et intensifie, en effet, l'hémolyse, par ce sérum, de globules rouges sensibilisés.

Elle réactive un sérum chauffé, c'est-à-dire qu'elle lui rend, en partie tout au moins, les propriétés hémolytiques que le chauffage lui avait enlevé.

Elle rend les globules rouges sensibilisés conglutinables par le sérum inactivé du bœuf.

([1]) Doladilhe, *Comptes rendus*, 203, 1936, p. 1295.

Elle provoque très souvent l'hémolyse de globules rouges sensibilisés et se montre inactive vis-à-vis de globules rouges non sensibilisés.

Ces propriétés s'exercent avec une intensité d'autant plus prononcée que la quantité de la protéine visqueuse est plus grande et qu'elle provient d'un sérum plus riche en alexine.

Un chauffage suffisant, un vieillissement prolongé lui enlèvent complètement ces propriétés.

Ces faits montrent que la protéine visqueuse possède les caractères de l'alexine.

M. **Charles Carrière** adresse une Note intitulée *Appareil à disques gradués pour la gynécologie et autres usages.*

A 15h35m l'Académie se forme en Comité secret.

COMITÉ SECRET.

La Section d'Astronomie, par l'organe de M. E. Esclangon, remplaçant le Doyen empêché, présente la liste suivante de candidats à la place vacante par le décès de M. *M. Hamy* :

En première ligne	M. **Jean Chazy.**
En seconde ligne, ex æquo *par ordre alphabétique*....	MM. **Jules Baillaud**, **Armand Lambert**, **Bernard Lyot.**
En troisième ligne, ex æquo *par ordre alphabétique*....	MM. **Lucien d'Azambuja**, **Fernand Baldet.**

Les titres de ces candidats sont discutés.

L'élection aura lieu dans la prochaine séance.

La séance est levée à 17^h.

A. Lx.



ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 8 FÉVRIER 1937.

PRÉSIDENCE DE M. EMMANUEL LECLAINCHE.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Président** s'exprime en ces termes :

Mes chers Confrères,

L'Académie vient de perdre un de ses Associés étrangers en la personne de **Leonardo Torres Quevedo**, mort à Madrid le 18 décembre dernier.

Né à Santa Cruz de Santander, le 28 décembre 1852, ingénieur au corps des Ponts et Chaussées en Espagne, membre de l'Académie des Sciences de Madrid, Torres avait été élu Correspondant de l'Académie en 1920, dans la Section de Mécanique. En 1927, il avait été désigné pour occuper une place d'Associé étranger.

L'œuvre scientifique de Torres a un caractère très particulier en ce qu'elle comporte à la fois une haute culture scientifique et une étourdissante ingéniosité dans la réalisation des conceptions mécaniques les plus originales.

Ce sont les machines à calculer qui sollicitent tout d'abord son attention. Il substitue aux machines classiques utilisant les chiffres, qu'il qualifie d'*arithmétiques*, des appareils opérant sur des traits, suivant les principes de la nomographie. Ces machines dites *algébriques* sont réalisées mécaniquement avec une perfection telle qu'elles permettent de traduire une relation analytique, ou même un système quelconque de relations analytiques simultanées. Cette découverte fait l'objet d'un mémoire analysé par Paul Appell devant l'Académie en 1901 et inséré dans le Recueil des Savants étrangers. En 1916, Torres obtenait le prix de Parville sur un nouveau rapport très élogieux d'Appell.

Par une combinaison judicieuse d'arithmophores et de fusées sans fin, il donne la solution générale du problème de l'obtention mécanique des racines réelles d'équations algébriques de degré quelconque et il montre qu'il est possible de déterminer, aussi par un procédé mécanique, les modules et les arguments des racines imaginaires de ces équations. Il montre enfin que l'on peut, toujours par une opération purement mécanique, obtenir toute intégrale particulière d'une équation différentielle quelconque répondant à des conditions initiales données.

Encouragé dans cette voie par le succès des machines arithmétiques, Torres s'attaque à la construction d'un calculateur purement automatique, analogue à la machine analytique que Babbage avait conçue et qu'il n'eut pas le temps d'achever. Il utilise dans ce but les ressources de l'électromécanique et il prouve par le fait « qu'il est toujours possible de construire un automate dont tous les actes dépendent de circonstances plus ou moins nombreuses, suivant des règles que l'on peut imposer arbitrairement au moment de la construction ».

Il construit un joueur d'échecs automatique, qui, dans une fin de partie supposée, cherche à faire échec et mat au roi que manœuvre son partenaire. Il joue impeccablement et, si l'adversaire commet une infraction à la règle, l'automate l'en avertit en allumant une lampe électrique. A la seconde récidive, l'automate refuse de continuer et il arrête le mécanisme. « Cet appareil », écrit notre confrère M. d'Ocagne dans une étude qui a fourni tous les éléments de cette notice, « confond l'imagination; il procède d'une conception que l'on peut qualifier de géniale et elle ne relève d'aucun précédent. »

En 1903, Torres apportait à Paris l'idée du *télékine*, destiné à obtenir la commande par les ondes hertziennes. Son premier appareil, construit au Laboratoire de mécanique de la Faculté des Sciences, fut présenté à l'Académie dans sa séance du 3 août. Après une mise au point, il pouvait faire évoluer d'un poste fixe à terre un bateau navigant en rade de Bilbao. On sait que cette idée fut reprise par nombre de chercheurs, en vue de divers buts, sans que des solutions définitives paraissent avoir été apportées. Torres entrevoyait l'application de son *télékine* à la manœuvre d'un dirigeable à enveloppe souple ne comportant dans sa construction aucune pièce rigide, mais dont la rigidité était assurée par une savante disposition de liens intérieurs travaillant tous à l'extension. Les dirigeables Astra-Torres suscitèrent des espérances qui s'évanouirent devant les rapides progrès de l'aviation.

Les éblouissantes réalisations mécaniques de Torres firent passer au second plan ses travaux d'ingénieur éminent. On ne peut négliger cependant son transbordeur funiculaire, constitué par des câbles dont la tension est maintenue constante en toutes circonstances et même en cas de rupture de l'un d'eux. Le système fut appliqué par lui à Saint-Sébastien et sur le Niagara.

Torres partageait son affection entre son pays et la France. Il nous apporta ses principales découvertes et il se mit à la disposition de notre Gouvernement en des heures difficiles. Si son œuvre de savant lui vaut notre haute estime, son attitude envers notre pays lui assure notre reconnaissance.

Nous adressons à sa famille l'hommage de nos regrets et de notre vive sympathie.

M. le **Secrétaire perpétuel** dépose sur le bureau une brochure contenant les allocutions prononcées au *Jubilé scientifique de M. Hadamard*, le 7 janvier 1936.

CYTOLOGIE VÉGÉTALE. — *Présentation d'un film sur les mitochondries dans les cellules végétales*. Note de MM. **Alexandre Guilliermond, Fernand Obaton** et **Roger Gautheret**.

Plusieurs films sur les mitochondries ont été déjà réalisés dans les cellules animales (Canti, Lewis, Chambers), mais, à notre connaissance, le film que nous présentons ici est la première tentative faite, dans cette voie, sur les cellules végétales. Ce film a été obtenu en format 16^{mm}.

Nous avons opéré sur quelques cellules que l'un de nous avait signalées comme particulièrement favorables à l'observation vitale [cellules épidermique des écailles bulbaires d'*Allium Cepa*, des pièces du périanthe de Tulipe (Duc de Tholl) et les filaments du *Saprolegnia dioica*]. Les lambeaux d'épidermes ont été montés dans le liquide de Ringer et le *Saprolegnia* dans son liquide de culture (solution de peptone à 1 pour 100).

Rappelons sommairement que les cellules des Végétaux chlorophylliens se distinguent des cellules animales et de celles des Champignons par la présence d'une catégorie supplémentaire de mitochondries, *les plastes*, différents des autres par leur pouvoir de former de la chlorophylle, des pigments carotinoïdes et de l'amidon. Cette distinction est cependant

toute théorique en ce qui concerne les Phanérogames dans lesquelles il est le plus souvent impossible de reconnaître les plastes des mitochondries ordinaires, chaque fois que les premiers sont à l'état de repos fonctionnel. Mais elle s'impose si l'on envisage l'évolution des plastes dans la plupart des Algues et des Bryophytes.

A. Les cellules épidermiques d'*Allium Cepa* montrent dans notre film deux catégories d'éléments figurés dans le cytoplasme homogène : 1° des mitochondries sous forme de bâtonnets, de fuseaux, d'haltères ou de filaments onduleux (chondriocontes), d'une réfringence légèrement plus élevée que celle du cytoplasme; 2° de petits grains parfaitement sphériques et d'une très forte réfringence, qui sont de simples granulations lipidiques. Le cytoplasme présente des courants (cyclose) que le cinématographe a accéléré du double. Les granulations lipidiques et les mitochondries sont les unes et les autres entraînées par les courants, mais d'une manière tout à fait différente. Les premières sont animées d'un mouvement très rapide : on les voit parfois se rencontrer et se repousser. Les mitochondries beaucoup plus adhérentes au cytoplasme se déplacent moins vite et d'une manière irrégulière, se contournant comme des vermicules; au cours de leur déplacement, elles modifient constamment leur forme, ce qui semble indiquer qu'elles sont constituées par une substance visqueuse et très plastique. Quelques-unes se divisent au cours de leur déplacement. On ne peut distinguer parmi elles les plastes des mitochondries ordinaires. Il est intéressant de signaler que le noyau apparaît toujours structuré : il donne l'impression d'être formé par un réseau peu réfringent à mailles extrêmement serrées; son contour est irrégulier, lobé; au centre on aperçoit le nucléole. Un passage de notre film montre des cellules montées dans le réactif iodo-ioduré : cela permet de constater que les mitochondries y sont conservées sans la moindre altération et prennent une teinte brune plus foncée que le cytoplasme qui les rend beaucoup plus apparentes.

B. Les cellules de l'épiderme des pièces du périanthe de Tulipe que nous avons filmées à différentes cadences appartiennent à deux variétés : l'une à fleurs jaunes, l'autre à fleurs rouges. Elles renferment une énorme vacuole occupant presque toute la cellule; le cytoplasme est réduit à une mince zone pariétale dans laquelle se trouvent les mitochondries et le noyau occupe un des côtés de la cellule. Une vue prise à un faible grossissement d'un lambeau d'épiderme de la variété rouge montre que la plupart des cellules renferment, à l'état de solution plus ou moins concentrée, un pigment anthocyanique rouge; dans les cellules de la variété jaune, ce pigment

est remplacé par un composé oxyflavonique qui peut être mis en évidence par certains réactifs. La couleur jaune de cette variété est due à un pigment carotinoïde fixé sur de longs chondriocontes correspondant à des plastes (chromoplastes). Ce pigment rend ces éléments beaucoup plus distincts que dans les autres cellules. On observe, en outre, dans le cytoplasme quelques petites granulations lipidiques et dans presque toutes cellules une énorme inclusion de même nature. Quant aux autres mitochondries, elles ne sont pas visibles. Le noyau montre la même structure que dans les cellules d'*Allium Cepa*. Le cytoplasme de ces cellules est généralement dépourvu de circulation; cependant dans une de nos vues on aperçoit de lents déplacements des granulations lipidiques.

Les chondriocontes s'altèrent très facilement lorsqu'on monte les lambeaux d'épiderme dans l'eau distillée : ils présentent l'altération classique des mitochondries appelée *cavulation* qui se traduit par leur transformation en vésicules. Ce phénomène est cependant très difficile à enregistrer. Sa vitesse est, en effet, en relation directe avec la teneur plus ou moins élevée d'anthocyane ou de composés oxyflavoniques des vacuoles, sans qu'il nous ait été possible d'en préciser la cause. Dans les cellules dépourvues de ces produits, il est tellement rapide qu'il est impossible de le cinématographier. Dans les cellules très riches en anthocyane ou en composés oxyflavoniques, il ne se produit que très lentement et ne commence qu'au bout d'une demi-heure pour se poursuivre très lentement et ne s'achever qu'au bout de trois heures ou plus. Ce n'est donc que dans ces cellules que nous avons pu réussir à le cinématographier après de nombreux échecs. Le mouvement dans cette partie a été accéléré à la projection 240 fois. Ce phénomène était très important à obtenir parce qu'il a donné lieu à de nombreuses interprétations erronées. Comme, au début, il ne se produit pas simultanément pour toutes les mitochondries qui présentent des différences individuelles de résistance, certains cytologistes, négligeant l'observation vitale et ne tenant compte que des images obtenues sur des préparations fixées et colorées, ont été amenés à distinguer les éléments vésiculisés des mitochondries en les rattachant aux formations de Golgi. D'autre part, dans un travail récent, Kiyohara (¹) a formulé une interprétation inexacte de ce phénomène : il admet que la forme vésiculeuse est la forme normale des plastes et que les chondriocontes ne résultent que des altérations

(¹) *Journal of the Faculty of Science. Imperial University of Tokyo, Sect. III, Botany*, 4, 1935, p. 400.

provenant de la rupture de la paroi des vésicules. Comme ces vésicules ne s'observent pas avec les techniques mitochondriales, mais seulement par les méthodes golgiennes (imprégnations osmiques) il suppose que celles-ci sont les seules qui conservent l'aspect normal des plastes. Ce savant interprète donc le phénomène à rebours. Le film que nous présentons ne laisse place à aucun doute et apporte la démonstration la plus rigoureuse que les vésicules sont la forme altérée des mitochondries et des plastes et que la forme de bâtonnets ou de filaments correspond à la forme normale.

En déplaçant, sous le microscope, une préparation dans laquelle les plastes sont tous vésiculisés, on peut se rendre compte que l'altération ne se produit pas simultanément dans toutes les cellules : certaines, pauvres en composés oxyflavoniques ou dépourvues de ces produits, ont des vésicules énormes; d'autres, riches en ces produits, ne présentent que des vésicules encore petites. On remarque la ressemblance frappante qu'offrent ces vésicules avec les éléments dits *de Golgi* (dictyosomes).

Nous avions essayé, dans notre film, de montrer l'action sur les mitochondries et les plastes de divers réactifs chimiques en faisant passer dans la préparation une goutte de ces réactifs. Ce procédé ne nous a pas réussi : il détermine dans la préparation des contractions qui provoquent le déplacement rapide des cellules. Aussi avons-nous dû nous contenter de monter directement la préparation dans le réactif lui-même. Notre film permet de constater que le fixateur de Regaud (mélange de formol et de bichromate de potassium) conserve aussi parfaitement que possible la forme des mitochondries et que l'alcool les détruit en grande partie. Nous avons complété ces essais en photographiant les mêmes cellules fixées et colorées par la méthode de Regaud qui fait apparaître les mitochondries et les plastes fortement colorés en noir par l'hématoxyline ferrique, avec le même aspect que sur le vivant.

Dans le *Saprolegnia*, notre film permet de distinguer en dehors des noyaux, plus ou moins fusiformes avec un nucléole réfringent : 1° des granulations lipidiques rondes, très réfringentes et rapidement déplacées par les courants du cytoplasme; 2° des mitochondries en forme de bâtonnets, de fuseaux, ou de filaments, très peu réfringentes et ne se déplaçant que difficilement en modifiant leur forme. Une préparation montée dans le réactif iodo-ioduré montre les mêmes éléments beaucoup plus distincts. Nous avons essayé d'enregistrer la vésiculisation des mitochondries en les colorant par le vert Janus, mais nous avons rencontré de nombreuses difficultés. En effet, lorsqu'on emploie une concentration

légèrement trop élevée, on provoque une vésiculisation trop rapide des mitochondries. D'autre part, avec une concentration très faible de colorant, les mitochondries se décolorent bientôt en réduisant le colorant et ne se vésiculisent pas. On peut cependant, par notre film, se rendre compte de la vésiculisation des mitochondries qui est tout à fait semblable à celle que l'on obtient dans les cellules de Tulipe.

Notre film est donc instructif parce qu'il met en évidence, d'une manière indiscutable, un certain nombre de propriétés essentielles des mitochondries que beaucoup de cytologistes contestent encore.

CHIRURGIE. — *Traitement chez l'homme des sections nerveuses périphériques par greffon hétéroplastique médullaire.* Note de MM. **Antonin Gosset** et **Ivan Bertrand.**

Ayant démontré expérimentalement chez le chien, il y a deux ans, la possibilité d'une greffe hétéroplastique médullaire après section d'un gros tronc nerveux périphérique (1), nous avons tenté l'application, chez l'homme, de cette nouvelle sorte de greffon. La rapidité extrême des processus régénératifs, l'absence de réaction locale, constatées au cours de nos expériences, permettaient d'espérer des phénomènes du même ordre en chirurgie humaine

En France, douze greffes hétéroplastiques médullaires ont été réalisées à notre connaissance chez l'homme suivant notre méthode. Sauf dans un cas, les greffons ont été préparés par nous-mêmes. Nous avons utilisé presque indifféremment des moelles de chat ou de lapin, fixées dans le formol à 20 pour 100, et conservées dans l'alcool à 90°. Les nerfs opérés sont assez variés : six radiaux, deux cubitaux, deux médians, deux sciatiques. Les blessures remontaient dans quelques cas à plusieurs années; exceptionnellement la greffe a pu être réalisée précocement.

Parmi les cas opérés, trois, à notre connaissance, ont pu être suivis d'une manière complète au point de vue des réactions électriques et le recul est aujourd'hui suffisant pour apprécier le succès de notre méthode. On ne trouvera ici que le résumé de ces observations.

I. Une première observation, personnelle, concerne une greffe sur le nerf radial. Un jeune homme de 24 ans est blessé au bras gauche dans un

(1) *Comptes rendus*, 200, 1935, p. 1897.

accident de motocyclette, le 18 mai 1935. La plaie siège au niveau du tiers inférieur du bras, au-dessus et en arrière de l'épicondyle; plaie profonde, entraînant de grosses lésions musculo-aponévrotiques et la section du nerf radial.

Un examen électrique, le 16 octobre 1935, montre une interruption complète du radial au-dessous du triceps, au-dessus du long supinateur et des radiaux. A ce moment, l'impotence est complète dans le domaine du radial : impossibilité d'extension du poignet et des doigts. Le malade pour mettre la main dans sa poche est obligé de s'aider avec l'autre main.

L'intervention doit être pratiquée en deux temps en raison des difficultés de repérage du nerf sectionné (28 octobre et 30 novembre 1935). Le bout inférieur du radial est sectionné à 2 centimètres au-dessus de sa bifurcation, supérieur est à un écart de 10 centimètres. On réunit les deux extrémités le bout du nerf par une greffe de moelle de lapin de 11 centimètres que l'on fixe par des soies.

Dès janvier 1936, *deux mois après la greffe*, on observe des signes nets de régénération : l'extension dorsale du poignet est possible.

En novembre 1936, l'extension dorsale du poignet se fait avec vigueur, le long supinateur présente une corde très nette. Par contre l'extension des doigts et l'abduction du pouce restent incomplètes. Au point de vue sensitif, il n'existe pas d'anesthésie totale, mais une hypoesthésie dans le territoire classique du radial.

L'examen électrique pratiqué par le Docteur Beau, le 16 janvier 1937, montre des signes nets de régénération sur le long supinateur et les radiaux, moins nets, mais incontestables, sur le cubital postérieur et les extenseurs des doigts. L'excitation faradique ou galvanique du radial, au point classique du bras, provoque une faible réponse du long supinateur et des radiaux.

II. Notre assistant, le Docteur Sauvage, a eu l'occasion de pratiquer une greffe médullaire dans un cas de section du nerf médian.

Un jeune homme de 20 ans est victime, le 31 octobre 1935, d'un accident d'automobile. Une vitre de la voiture détermine, à la face antérieure du poignet gauche, une section du nerf médian et des tendons de l'index et du médius. On pratique d'urgence une suture des tendons. La plaie cicatrise par première intervention, mais les doigts restent en flexion et la main inutilisable.

En août 1936, le blessé présente tous les signes d'une section physiologique du médian : les doigts sont en demi-flexion, le pouce en adduction; la masse thénarienne est atrophiée, alors que les interosseux et la masse

hypothénarienne paraissent normaux. Les mouvements sont possibles au niveau des quatre derniers doigts que le blessé peut fléchir, étendre, écarter. Les mouvements du pouce sont par contre à peu près nuls : s'il existe encore un peu de force à l'adduction, les mouvements d'abduction et d'opposition sont impossibles. La zone d'anesthésie répond au territoire classique du médian.

Une intervention est pratiquée le 8 août 1936, neuf mois après l'accident. Au milieu d'une gangue scléreuse adhérente aux tendons voisins, on découvre le nerf médian présentant sur 3cm une dilatation fusiforme. Le nerf est réséqué à ce niveau et l'on pratique une greffe avec une moelle de chat, d'une longueur de 5cm.

En octobre 1936, deux mois et demi après l'intervention, les mouvements d'opposition du pouce sont redevenus normaux. Le pouce s'oppose avec force aux différents doigts de la main. Les zones d'anesthésie n'ont pas régressé.

Un examen électrique pratiqué par le Docteur Beau montre, le 16 janvier 1937, un syndrome indiscutable de régénération du médian. L'excitation musculaire directe provoque une légère secousse au faradique et au galvanique sur l'opposant, le court fléchisseur et l'abducteur du pouce. L'excitation galvanique du nerf au poignet, au-dessus de la cicatrice, provoque une très légère secousse de ces trois muscles.

III. La troisième observation nous a été communiquée par le Docteur G. Darcourt (de Marseille). Elle concerne un enfant de 4 ans, blessé 8 mois auparavant par un tesson de verre au niveau du creux poplité gauche. L'enfant marche avec un pied ballant paralytique. Le pied est souple sans contracture, l'attaque au sol se fait par la pointe et le bord externe; à l'appui, le pied prend une position en varus léger. Il n'est le siège d'aucun mouvement spontané. Un examen électrique montre une inexcitabilité du sciatique et des muscles de la jambe au-dessous de la cicatrice du creux poplité.

Dans une intervention pratiquée le 4 mai 1936, on découvre le nerf sciatique sectionné à 0cm,5 au-dessus de sa bifurcation. Le bout supérieur rétracté à 2cm au-dessus, se renfle en un névrome que l'on résèque; le bout inférieur est avivé. Les extrémités en présence étant écartées de 3cm, on interpose une greffe médulaire de lapin préparée selon notre technique. Les sutures sont faites au fil de lin vaseliné.

Les suites opératoires sont simples. L'enfant est remis sur pied le 20e jour, on note à cette date un début de flexion des orteils. Dès le 30e jour,

un traitement électrothérapique (galvanisation) est institué. Au 40e jour l'extension des orteils est possible. Le 29 juillet 1936, l'enfant marche correctement avec très peu de valgus et un certain degré de chute du pied en avant; les orteils sont animés de mouvements actifs. La flexion du pied sur la jambe n'est pas encore possible, par contre l'extension se fait activement.

L'examen électrique pratiqué 3 mois après l'intervention montre une excitabilité normale des muscles et des nerfs dans le territoire du sciatique, en amont, et en aval de la suture. On ne constate ni inversion de la formule, ni lenteur de la secousse.

Ces trois observations appellent diverses remarques :

a. Ce qui domine, c'est l'extrême rapidité du processus régénératif, de 2 à 3 mois après l'intervention. Avec les hétérogreffes habituelles, même dans les conditions les plus favorables, il aurait fallu compter bien des mois avant d'observer un début de régénération.

Si le radial présente une facilité indéniable à la restauration fonctionnelle et cela quel que soit le greffon utilisé, il faut bien reconnaître que, dans le cas mentionné, les lésions musculo-aponévrotiques étaient considérables et la destruction du tronc nerveux fort étendue, conditions défavorables à une régénération. Le médian et le nerf sciatique donnent dans les statistiques habituelles un médiocre pourcentage de guérison. Dans nos cas cependant, la restauration a été aussi rapide que pour le radial. Seul, le jeune âge des opérés constituait un facteur favorable, et nous devons en tenir compte dans le processus régénératif.

b. Les greffons médullaires ont été fort bien supportés et n'ont présenté à aucun moment de tendance à l'élimination. Les moelles de lapin ou de chat sont également tolérées et fournissent toutes deux un excellent greffon. La moelle de chat est indiquée pour la greffe des troncs volumineux, celle de lapin pour les nerfs un peu grêles.

On ne doit pas reculer devant une greffe de plusieurs centimètres pour éviter le tiraillement et la dilacération du tissu médullaire interposé.

c. Bien que le greffon hétéroplastique médulaire réalise, suivant le vœu de Nageotte, un apport minimum de substance collagène, sa réussite est paradoxale à certain point de vue. Le parenchyme nerveux central à l'état frais s'oppose, on le sait, à tout processus régénératif des axones. Cette inhibition doit donc disparaître après fixation, puisque le greffon médullaire, dans nos expériences, s'est toujours montré largement neuronotisé par les cylindraxes du bout supérieur. La structure canaliculée du greffon,

la présence in situ *de lipides* en quantité importante, la réduction à l'extrême du mésenchyme constituent sans nul doute des conditions favorables à une régénération rapide.

Il semble même que la restauration fonctionnelle soit plus rapide, avec greffon interposé, qu'après suture simple. La vitesse habituelle de progression des neurones (1^{mm} par jour) paraît nettement dépassée chez l'homme dans les trois cas mentionnés.

Si cette notion se confirmait, si le greffon hétéroplastique accélérait dans tous les cas la régénération fonctionnelle, on serait conduit à réviser les règles classiques de conduite opératoire en présence de blessures nerveuses et à envisager l'emploi systématique de la greffe médullaire.

M. **Émile Borel** s'exprime en ces termes :

J'ai l'honneur de faire hommage à l'Académie du premier fascicule d'une *Collection de Monographies des Probabilités*, publiée sous ma direction. Comme je l'indique dans l'Introduction, cette Collection complètera le *Traité du Calcul des probabilités et de ses applications*, dont la publication va être terminée.

Ce premier fascicule, dû à M. Paul Lévy, est consacré à la *Théorie de l'addition des variables aléatoires*. L'auteur y expose ses recherches personnelles, bien connues de l'Académie, ainsi que les travaux les plus récents de nombreux savants français et étrangers. Cet ouvrage correspond parfaitement au but de la Collection de Monographies, qui est de tenir le public mathématique au courant des progrès de la science des probabilités.

M. **Paul Marchal** s'exprime en ces termes :

J'ai l'honneur de faire hommage à l'Académie d'un Mémoire que j'ai récemment publié dans les *Annales des Épiphyties et de Phytogénétique*.

Il est intitulé les *Trichogrammes* et se rapporte à des Hyménoptères parasites minuscules rendant les plus grands services à l'Agriculture, en pondant leurs œufs dans les œufs d'autres insectes et en particulier dans ceux des grands ravageurs.

Aux États-Unis on a industrialisé leur multiplication intensive par un véritable forçage dans des laboratoires spéciaux, de façon à les obtenir chaque année par millions et à les distribuer dans les cultures d'une façon

beaucoup plus précoce et considérable qu'ils n'y apparaîtraient naturellement.

Les Trichogrammes d'autre part, rappelant sur ce point les Drosophiles, sont extrêmement favorables à l'étude des problèmes intéressant la Biologie générale et c'est surtout à ce point de vue que j'en ai fait l'étude dans le présent Mémoire. J'ai insisté notamment sur les changements profonds que subit le cycle de l'insecte, lorsqu'on provoque expérimentalement son développement dans des hôtes différents de ceux qu'il parasite dans la nature. Le cycle du parasite, avec ou sans diapause, se trouve en quelque sorte réglé sur celui de l'hôte.

Des chapitres ont aussi été réservés à l'étude de la formation des lignées parthénogénétiques et des lignées à reproduction bisexuée, ainsi qu'à l'influence des facteurs externes sur la morphologie de l'insecte notamment dans les cas de microptérisme et de pœcilandrie.

Le dernier chapitre constitue une étude expérimentale sur la question des gestes dysharmoniques, qui ont été appelés aussi erreurs de l'instinct.

M. **Louis de Broglie** fait hommage à l'Académie de l'Ouvrage qu'il vient de publier sous le titre *La physique nouvelle et les quanta*.

NOMINATIONS.

MM. **E. Leclainche** et **A. Lacroix** et la **Section d'Économie rurale** sont désignés pour représenter l'Académie à la Cérémonie commémorative du *Premier anniversaire* du décès de Pierre Viala, le 11 février 1937, à l'Institut National Agronomique.

ÉLECTIONS.

L'Académie procède par la voie du scrutin à l'élection d'un Membre de la Section d'Astronomie en remplacement de M. *M. Hamy* décédé.

Le nombre de votants étant 56,

M. Jean Chazy	obtient	35	suffrages.
M. Jules Baillaud	»	13	»
M. Bernard Lyot	»	8	»

M. **Jean Chazy**, ayant réuni la majorité absolue des suffrages, est proclamé élu.

Son élection sera soumise à l'approbation de M. le Président de la République.

M. **Erich Tschermak** est élu Correspondant pour la Section d'Économie rurale par 43 suffrages contre 3 à M. *Costantino Gorini* et 1 à M. *Nicola Parravano*, en remplacement de M. *Theobald Smith* décédé.

CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

Jean Torlais. *Un esprit encyclopédique en dehors de l'encyclopédie. Réaumur* (présenté par M. M. d'Ocagne).

ALGÈBRE. — *Sur une propriété des polynomes de la division du cercle.* Note de M. **Marc Krasner** et de M[lle] **Britt Ranulac**, présentée par M. Jacques Hadamard.

M. Paul Lévy nous a posé la question suivante suggérée par des recherches sur le calcul des probabilités : le polynome

$$P(x) = \frac{x^{k\lambda}-1}{x^{\lambda}-1} = \sum_{u=0}^{u=k-1} x^{\lambda u}$$

est-il décomposable en un produit $Q(x)R(x)$ de deux polynomes à coefficients *réels non négatifs*, termes constants normés à 1, d'une autre manière que la suivante : *k étant non premier*, k, k', k'', ..., $k^{(N-1)}$, $k^{(N)}$, 1 une de ses chaînes de diviseurs, on répartit en deux groupes les facteurs de l'identité évidente

$$(1) \qquad P(x) \equiv \frac{x^{k\lambda}-1}{x^{k'\lambda}-1}\,\frac{x^{k'\lambda}-1}{x^{k''\lambda}-1}\cdots\frac{x^{k^{(N-1)}\lambda}-1}{x^{k^{(N)}\lambda}-1}\,\frac{x^{k^{(N)}}-1}{x^{\lambda}-1}.$$

La réponse est négative. En effet Q ou R est produit d'un polynome à coefficients positifs par $(x^{h\lambda}-1)/(x^{\lambda}-1)$, h diviseur de k.

1° Lemme. — *Tout coefficient de* Q *ou* R *est* o *ou* 1.

Toute racine ζ de P (donc de Q ou R) est racine de l'unité : $\bar{\zeta}\zeta = 1$. Q, étant à coefficients réels, admet $\bar{\zeta}$ pour racine avec ζ, donc est réciproque, donc est symétrique direct puisque sans coefficient négatif. De même R. Posons :

$$(2_a)\qquad Q = 1 + a_1 x + \ldots + a_i x^i + \ldots + x^{m_1},$$

$$(2_b)\qquad R = 1 + b_1 x + \ldots + b_i x_i + \ldots + x^{m_2},$$

$$(3)\qquad m_1 + m_2 = (k-1)\lambda,\qquad a_i \geqq 0,\qquad b_j \geqq 0,\qquad a_i = a_{m_1-i},\qquad b_j = b_{m_2-j}.$$

Identifions terme à terme QR et P. Si on avait $m_1 = m_2$, le coefficient de x^{m_1} serait au moins 2. Supposons donc $m_1 > m_2$; on a entre autres

$$(4_i)\qquad a_i + a_{i-1} b_1 + a_{i-2} b_2 + \ldots + a_1 b_{i-1} + b_i = 1 \text{ ou } 0 \qquad (i \leqq m_2 - 1),$$

$$(5)\qquad a_{m_2} + a_{m_2-1} b_1 + a_{m_2-2} b_2 + \ldots + a_1 b_{m_2-1} + 1 = [1 \text{ ou } 0, \text{ donc}]\ 1,$$

$$(6_i)\qquad a_i + a_{i-1} b_1 + a_{i-2} b_2 + \ldots + a_{i-m_2+1} b_{m_2-1} + a_{i-m_2} = 1 \text{ ou } 0 \qquad (m_2 \leqq i \leqq m_1).$$

Tous les termes écrits sont non négatifs. Donc (5) entraîne

$$(7_i)\qquad a_i b_i = a_{m_2-i} b_i = 0 \qquad (i < m_2),$$

(4_1) et (7_1) entraînent successivement

$$a_1 + b_1 = 1 \text{ ou } 0,\qquad a_1 b_1 = 0,\qquad a_1 = 1 \text{ ou } 0,\qquad b_1 = 1 \text{ ou } 0.$$

Par récurrence, si a_i et b_j sont 1 ou 0 pour i et j inférieurs à t, il en est de même de a_t et b_t. Pour t inférieur à m_2, on compare (7_t) et la forme suivante de (4_t) :

$$a_t + b_t + \text{entier non négatif} = 1 \text{ ou } 0.$$

(5) montre a_{m_2} nul. Pour $t > m_2$, (6_t) permet la récurrence par

$$a_t + \text{entier non négatif} = 1 \text{ ou } 0.$$

2° Soient alors $\{q_i\}$ et $\{r_j\}$ les suites, à construire, des degrés des termes non nuls de Q et R. Chaque somme $q_i + r_j$ est exposant de terme non nul de P. Donc chaque $u\lambda$ admet une décomposition unique

$$(9_u)\qquad u\lambda = q_i^{(u)} + r_j^{(u)} \qquad (0 \leqq u \leqq k),$$

(9_0) montre que 0 est commun aux deux suites. Un élément non nul ne peut leur être commun, il s'ajouterait à 0 de deux manières. $q_i = 0$ dans (9_u) montre que tout r_j est multiple de λ; de même tout q_i. (9_1) n'est donc soluble que si l'une des suites, $\{q_i\}$ par exemple, contient λ; soit alors $h\lambda$

le plus petit multiple de λ qui n'est pas un $q_i(h > 1)$; dans (9_h) le q_i sera donc nul : $h\lambda$ est un r_j, le plus petit r_j non nul.

Les q_i se groupent en séries de multiples consécutifs de λ, séparées par des intervalles. Elles ont toutes même nombre h de termes que la première, car, s'il y en a une plus longue, en ajoutant o puis $h\lambda$ à ses q_i certains $u\lambda$ paraîtront deux fois; et s'il y en a de plus courtes, prenons celle de plus petit premier terme $h_2\lambda$; il existe donc un exposant $(h_2+h_3)\lambda$ avec $h_3 < h$ qui n'est pas un q_i. Dans sa décomposition, $r_j \neq 0$; donc $r_j^{(h_2+h_3)} \geqq h\lambda$; par suite $q_i^{(h_2+h_3)}$ est inférieur à $(h_2+h_3-h+1)\lambda$, donc à $h_2\lambda$, donc appartient à une série de longueur h; par addition de $r_j^{h_2+h_3}$ aux q_i de cette série on obtient h termes consécutifs dont h_2+h_3, donc entre autres soit $h_2\lambda$, soit $(h_2+h)\lambda$. Mais ceux-ci sont déjà décomposables avec $h_2\lambda$ pour q_i et o ou $h\lambda$ pour r_j. Il y contradiction.

Soient q'_i les premiers termes de ces séries de q_i. On a visiblement

$$(10) \qquad Q = \left(\frac{x^{h\lambda}-1}{x^{\lambda}-1}\right)\Sigma x^{q'_i}.$$

En faisant $x=1$ dans (10) et dans $P = QR$, on obtient :

$$(\text{nombre des } q_i) = h \; (\text{nombre des } q'_i),$$
$$k = (\text{nombre des } q_i) \; (\text{nombre des } r_j),$$

h est donc diviseur de k; les résultats annoncés sont ainsi tous obtenus.

Observations sur la Note précédente par M. **Jacques Hadamard.**

La Note qui précède répond à une question qui avait été posée par M. Paul Lévy au cours d'une conférence faite le 12 janvier au Collège de France; il avait, par lettre du 7 janvier, posé la même question à M. Khintchine.

La solution de M. Krasner nous est parvenue le 15 janvier. M. Paul Lévy a reçu depuis une lettre de M. A Liénard, datée du 23 janvier, lui exposant, pour le cas où p est premier, une solution identique à celle qui est exposée ci-dessus, et une lettre de M. Khintchine, écrite à Moscou, le 18 janvier, lui indiquant, sans donner d'indication sur la méthode, que M. Raikoff a de son côté résolu le même problème.

L'indépendance de ces trois solutions ne peut pas être mise en doute.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Principe de régularisation des fonctions.* Note de M. **Szolem Mandelbrojt**, présentée par M. Jacques Hadamard.

Le procédé de régularisation dont il va être question nous rendra des services appréciables dans plusieurs branches de la théorie des fonctions. Cette Note est consacrée au principe lui-même.

Les fonctions que nous considérons peuvent prendre la valeur $+\infty$. E_f désigne l'ensemble des valeurs x où la fonction $f(x)\,(x \gtreqless 0)$ n'est pas égale à $+\infty$. Désignons par Φ la classe des fonctions $f(x)(x \geqq 0)$ telles que : 1° $f(x)$ est bornée inférieurement; 2° E_f contient des valeurs x arbitrairement grandes; 3° E_f est fermé.

Désignons par Φ_1 la sous-classe des fonctions de Φ, jouissant en plus de la propriété suivante : pour tout $x \geqq 0$, on a

$$\lim_{\varepsilon \succ +0} \underline{\text{borne}}_{x-\varepsilon<\xi\leqq x} f(\xi) \leqq \lim_{\varepsilon \succ +0} \underline{\text{borne}}_{x<\xi<x+\varepsilon} f(\xi).$$

Φ_1 contient en particulier toute fonction $f \subset \Phi$ (c'est-à-dire appartenant à Φ), continue par rapport à son ensemble E_f; ainsi lorsque $f \subset \Phi$, et si E_f ne contient que des points isolés, $f \subset \Phi_1$. Si $f \subset \Phi$ et si f est continue, $f \subset \Phi_1$. Les résultats portant sur les fonctions f de Φ_1 telles que E_f ne contienne que des entiers positifs, peuvent évidemment être considérés comme portant sur des suites μ_n dépendant de tels entiers.

Désignons par $\omega(t)$, $(-\infty < t < \infty)$, une fonction positive telle que $\omega(t) \to \omega(t_1)$ lorsque $t \to t_1$ et telle que $\omega(t) \to \infty$, en croissant, lorsque $t \to \infty$, $\omega(t)$ pouvant être égal à $+\infty$ pour $t \geqq t_0$. En particulier la fonction $\omega(t) \equiv \infty (-\infty < t < \infty)$ vérifie ces conditions.

Lorsque $f \subset \Phi_1$, la fonction $F_f^\omega(x)$ que nous appellerons *la régularisée de $f(x)$ par rapport à $\omega(t)$*, [1] est définie de la manière suivante : $E_{t,l}$ désigne, dans le plan xOy, l'ensemble des points $0 \leqq x \leqq \omega(t)$, $y \leqq l + tx$; $\mathfrak{U}$ désigne la réunion de tous les $E_{t,l}$ ne contenant aucun point $[x, f(x)]$, P l'ensemble des points du demi-plan $x \geqq 0$, et $\mathcal{F}$ la frontière de l'ensemble P-$\mathfrak{U}$. En désignant par $\mathcal{F}_x$ l'ensemble des ordonnées des points de $\mathcal{F}$ dont l'abscisse est égale à x, *on pose pour* $x \geqq 0$: $F_f^\omega(x) = \underline{\text{borne}}\, \mathcal{F}_x$. On voit immédiatement que $F_f^\omega(x) \leqq f(x)$, $(x \geqq 0)$.

---

[1] Si pour $t \geqq t_0$, $\omega(t) = \infty$, on ne régularisera, par rapport à une telle fonction, que les fonctions f telles que $f(x)/x \to \infty$, lorsque $x \to \infty$.

$\varphi(x)$, $(x \geqq 0)$, étant une fonction quelconque, posons

$$\Omega_{\varphi}^{\omega}(t) = \underset{0 \leqq x \leqq \omega(t)}{\underline{\text{borne}}} [\varphi(x) - tx], \quad (-\infty < t < \infty).$$

Théorème I. — *Si* $f \subset \Phi_1$, *on a* $\Omega_f^{\omega}(t) = \Omega_{F_f^{\omega}}(t)$, $(-\infty < t < \infty)$; *et pour toute fonction* $\varphi(x)$ *telle qu'on ait en un point, au moins,* $x = x_1$, $\varphi(x_1) < F_f^{\omega}(x_1)$, *on a, pour une certaine valeur de* $t = t_1$, $\Omega_{\varphi}^{\omega}(t_1) < \Omega_{F_f^{\omega}}^{\omega}(t_1)$; *de sorte que* F_f^{ω} *est la plus petite fonction* φ, *telle que pour toutes les valeurs de* t *on ait* $\Omega_{\varphi}^{\omega}(t) = \Omega_f^{\omega}(t)$.

Soit $f \subset \Omega$. A chaque t correspond au moins un $x \geqq 0$, tel que pour une suite $\{x_i\}$, $x_i \to x$, $x_i \leqq \omega(t)$ (tous les x_i peuvent être confondus avec x) on ait $\Omega_f^{\omega}(t) = \lim_{i=\infty} [f(x_i) - tx_i]$; l'ensemble de telles valeurs x est désigné par $X(t)$; la réunion de tous les $X(t)$, $(-\infty < t < \infty)$ est désigné par X. L'ensemble des valeurs t telles que pour x donné, $x \subset X$, on ait $x \subset X(t)$ est désigné par $T(x)$. On pose, pour x donné, $x \subset X$, $\tau_0(x) = \underline{\text{borne}}\, T(x)$, $\tau(x) = \overline{\text{borne}}\, T(x)$, $\overline{\omega}(x) = \underset{t \subset T(x)}{\overline{\text{borne}}}\, \Omega_f^{\omega}(t)$.

Lemme I. — *Si* $x_1 \subset X$, $x_2 \subset X$, $x_1 < x_2$, *on a* : $\tau(x_1) \leqq \tau_0(x_2) \leqq \tau(x_2)$, $\overline{\omega}(x_1) \geqq \overline{\omega}(x_2)$.

Ce lemme justifie les définitions suivantes :

Pour $x \geqq 0$ quelconque on pose $\tau(x) = \overline{\text{borne}}\, \tau(\xi)$ $(\xi \subset X, \xi \leqq x)$, $\overline{\omega}(x) = \underline{\text{borne}}\, \overline{\omega}(\xi)$ $(\xi \subset X, \xi \leqq x)$.

Théorème II. — *Si* $f \subset \Phi_1$, *on a* $F_f^{\omega}(x) = \tau(x)x + \overline{\omega}(x)$, $(x \geqq 0)$.

Si $f \subset \Phi$, *on définit la régularisée de* f *par rapport à* $\omega(t)$ *par l'égalité* $F_f^{\omega}(x) = \tau(x)x + \overline{\omega}(x)$.

Théorème III. — *La régularisée d'une fonction* $f \subset \Phi$, *par rapport à une fonction* $\omega(t)$, *est une fonction à variation bornée.*

Théorème IV. — *Si* $f \subset \Phi$, *une des deux égalités suivantes a lieu pour tout* t :

$$\Omega_{F_f^{\omega}}^{\omega}(t) = \Omega_f^{\omega}(t), \qquad \Omega_{F_f^{\omega}}^{\omega}(t) = \Omega_f^{\omega}(t + 0).$$

D'ailleurs si $f \subset \Phi_1$, *on a* : $\Omega_f^{\omega}(t) = \Omega_f^{\omega}(t + 0)$.

Remarquons que, lorsque $\omega(t) \equiv \infty$ $(-\infty < t < \infty)$, on retombe sur la notion connue de la minorante de Wiman, étudiée, pour les suites, par M. Valiron et, pour les fonctions, par M. Ostrowski.

Le cas $\omega(t) = e^t$ est particulièrement important pour les applications dans la théorie des fonctions. Nous verrons aussi que notre principe jette une lumière nouvelle sur la théorie des taubériens.

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Sur les courbes de module constant des fonctions entières.* Note de M. **Georges Valiron**, présentée par M. Émile Borel.

M. J. M. Whittaker a posé la question suivante : Considérons deux fonctions entières, $f(z)$ et $g(z)$, qui ont respectivement leur module constant sur une même courbe fermée Γ; que peut-on dire des autres courbes de module constant de $f(z)$ et $g(z)$? Ne coïncident-elles pas toutes? [1]. Cette question peut être résolue comme suit. La courbe fermée Γ est composée d'arcs analytiques en nombre fini; aux points de raccord z_k de ces arcs, qui correspondent à $f'(z)=0$ (et à $g'(z)=0$), les arcs sont encore analytiques en $(z-z_k)^{\frac{1}{s}}$. Représentons conformément l'intérieur de Γ sur le cercle γ, $|\zeta|<1$. La fonction $\zeta=\varphi(z)$ qui donne cette représentation est encore holomorphe sur Γ sauf aux points z_k qui sont points critiques algébriques. $f(z)$ se transforme en une fonction $F(\zeta)$, qui est holomorphe dans γ et sur sa circonférence. $F(\zeta)$ s'annule en p points $\zeta_1, \zeta_2, \ldots, \zeta_p$ intérieurs à γ, qui correspondent aux zéros de $f(z)$ situés dans Γ, chacun figurant un nombre de fois égal à son ordre de multiplicité. Sur $|\zeta|=1$, on a $|F(\zeta)|=C=\text{const.}$ Il s'ensuit que

$$F(\zeta)=A\prod_1^n \frac{\zeta-\zeta_p}{1-\zeta\bar{\zeta}_p}, \qquad |A|=C.$$

De même la transformée $G(\zeta)$ de $g(z)$ est une fraction rationnelle

$$G(\zeta)=A'\prod_1^m \frac{\zeta-\zeta'_q}{1-\zeta\bar{\zeta}'_q}.$$

Ceci montre que $F(\zeta)$ et $G(\zeta)$, donc aussi $f(z)$ et $g(z)$ sont liés par une relation algébrique de genre zéro, $\Omega[f(z), g(z)]=0$.

On sait d'ailleurs que, si deux fonctions entières vérifient une relation algébrique, cette relation est de genre zéro [2]. On peut alors utiliser une

---

[1] Voir Pennycuik, *J. London Math. Soc.*, 11, 1936, p. 281-285, en particulier § 7, p. 285.

[2] Montel, *Acta math.*, 49, 1926, p. 116; Valiron, *Assoc. française Avanc. sciences*, 52e Session, Congrès de La Rochelle, 1928, p. 56.

représentation paramétrique propre de $\Omega(X, Y) = 0$ telle que

$$f(z) = \frac{P(u)}{u^p}, \qquad g(z) = \frac{Q(u)}{u^q},$$

$P(u)$ et $Q(u)$ étant des polynomes, p et q entiers positifs ou nuls, le degré de $P(u)$ étant supérieur à p, et $u = u(z)$ étant une fonction entière qui n'a pas de zéros si $p + q > 0$ (*voir* mon article cité). Revenant alors à Γ, on voit qu'il existe une courbe Γ' du plan des u sur laquelle

$$\left|\frac{P(u)}{u^p}\right|, \qquad \left|\frac{Q(u)}{u^q}\right|$$

sont constants. On est ainsi ramené à un problème algébrique sur la représentation multiple des cassiniennes, mais dans un cas particulier qui se laisse traiter aisément par suite du fait que les dénominateurs sont des puissances d'un même monome ([3]). On trouve que, dans ces conditions, Γ' n'admet qu'une seule représentation réduite, à moins que cette courbe soit un cercle. Écartons d'abord ce cas exceptionnel. On aura

$$f(z) = B[v(z)]^{\lambda}, \qquad g(z) = B'[v(z)]^{\lambda'},$$

$v(z)$ étant une fonction entière, λ et λ' des entiers positifs et B et B' des constantes. Toutes les courbes de module constant de $f(z)$ et $g(z)$ coïncideront.

Dans le cas exceptionnel, on trouve

$$f(z) = D[u(z) - a]^{\mu}\left[\frac{u(z) - b}{u(z)}\right]^{\nu}, \qquad g(z) = D'[u(z) - a]^{\mu'}\left[\frac{u(z) - b}{u(z)}\right]^{\nu'},$$

$u(z)$ est une fonction entière sans zéros, μ, μ', ν, ν' sont des entiers $\geqq 0$ D, D', a, b sont des constantes; a et b ont le même argument et

$$|a(b - a)| = c^2 < |a|^2.$$

Le module des fonctions $f(z)$ et $g(z)$ est constant sur les courbes pour lesquelles $|u(z) - a| = c$, courbes qui sont fermées; ces courbes sont les seules courbes de module constant communes à $f(z)$ et $g(z)$.

Ainsi il ne suffit pas que deux courbes de module constant coïncident pour que toutes les autres coïncident. Mais

---

([3]) Dans ses *Principes de géométrie analytique*, Paris, 1917, p. 152-158, Darboux étudie les diverses représentations d'une même cassinienne, mais n'a pas à se poser le problème de trouver toutes ces représentations.

Si deux fonctions entières, $f(z)$ et $g(z)$, ont en commun deux courbes de module constant fermées distinctes ($|f(z)|$ n'a pas la même valeur sur ces deux courbes), toutes les courbes de module constant sont les mêmes, et l'on a

$$[g(z)]^{\lambda} = \alpha[f(z)]^{\lambda'},$$

λ et λ' étant deux entiers positifs et α une constante.

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Quelques théorèmes sur les directions de Julia et de Borel des fonctions méromorphes.* Note de M. **Chi-Tai Chuang**, présentée par M. Émile Borel.

1. D'après une généralisation par M. Valiron ([1]) d'un théorème de M. Miranda ([2]), *si une famille de fonctions méromorphes $f(z)$ n'est pas normale dans un domaine D, où elles ne prennent pas deux valeurs distinctes a, b, alors la famille $f^{(n)}(z)\,(n \geqq 1)$ ne sera pas normale (ou quasi-normale) dans le même domaine, $f^{(n)}(z)$ étant la dérivée $n^{\text{ième}}$ de $f(z)$.* Appliquons ceci aux fonctions méromorphes dans le plan.

I. *Soient $f(z)$ une fonction méromorphe qui ne prend qu'un nombre fini de fois les valeurs 0, ∞ et Δ une direction de Julia de $f(z)$. S'il existe une suite de nombres positifs $\lambda_k(\lambda_k \to \infty)$, telle que la famille $f_k(z) \equiv f(\lambda_k z)$ ne soit pas normale à un point $\zeta(\zeta \neq 0)$ sur Δ et si, quel que soit $\delta(\delta > 0)$,*

$$\lim_{k \to \infty} \frac{\log M(\delta, f_k)}{\log \lambda_k} = \infty,$$

$M(\delta, f_k)$ désignant le maximum de $|f_k(z)|$ pour $|z - \zeta| \leqq \delta$, alors Δ sera aussi une direction de Julia de $R(z) f^{(n)}(z)\,(n \geqq 0)$, $R(z)$ étant une fonction rationnelle quelconque.

Au moyen des inégalités employées par M. Miranda (*loc. cit.*, p. 187), on trouve que, pour une suite partielle $\lambda_{k'}$ de λ_k,

$$\frac{1}{6} \log M\left(\frac{\delta}{2}, f_{k'}\right) < \log M\left(\delta, \frac{1}{f_{k'}}\right) < 6 \log M(2\delta, f_{k'}),$$

dès que $k' > k'(\delta)$. En considérant ensuite les familles $\lambda_k^l f^{(n)}(\lambda_k z)$, l étant un nombre entier quelconque, la remarque précédente permet d'établir I. Il découle de la même remarque que

([1]) *Comptes rendus*, 200, 1935, p. 1825.

([2]) *Bulletin de la Soc. Math. de France*, 63, 1935, p. 185.

II. *Si une fonction méromorphe $f(z)$ ne prend qu'un nombre fini de fois deux valeurs finies distinctes a, b, alors toutes les directions de Julia de $f(z)$ seront aussi directions de Julia de $f^{(n)}(z)$ $(n \geqq 1)$.*

2. Soit $f(z)$ une fonction méromorphe d'ordre fini positif ρ. En supposant que pour une constante a supérieure à 1,

$$(C) \qquad \lim_{r\to\infty} \frac{N(ar, f)}{T(r, f)} = 0 \quad \text{et} \quad \lim_{r\to\infty} \frac{N\left(ar, \frac{1}{f}\right)}{T(r, f)} = 0,$$

et, en appliquant une inégalité de M. R. Nevanlinna [3], on voit que

$$\lim_{r\to\infty} \frac{T\left(ar, \frac{f^{(n)}}{f}\right)}{T(r, f)} = 0.$$

Puis, d'après l'identité $f^{(n)} = f f^{(n)}/f$, et un théorème de M. Rauch [4], on démontre le suivant :

III. *$f(z)$ étant une fonction méromorphe d'ordre fini positif ρ, si les conditions* (C) *sont vérifiées, il existera au moins une direction de Borel d'ordre ρ commune aux fonctions $f^{(n)}(z)$ $(n = 0, 1, 2, \ldots, \infty)$.*

MÉCANIQUE ANALYTIQUE. — *Masse fluide hétérogène en rotation à moment cinétique donné.* Note [1] de M. **Pierre Dive**, présentée par M. Élie Cartan.

Une Note [2] de M. Alex Gardedieu, sur les masses fluides hétérogènes en rotation, appelle quelques remarques.

M. Gardedieu affirme, dans cette Note (p. 99, lignes 7, 8, 9, 10) « que les stratifications en surfaces ellipsoïdales de révolution ne sont jamais rigoureusement réalisées ». Énoncée sous cette forme trop générale, cette proposition dont M. Gardedieu nous fait à tort partager la propriété avec MM. Hamy, Volterra, Véronnet et Wavre, est inexacte. En 1927, nous avons établi, en effet, que des stratifications ellipsoïdales pouvaient être animées de rotations permanentes, si l'on ne s'impose pas la condition res-

(3) *Le Théorème de Picard-Borel*, p. 61.
(4) Rauch, *Journ. de Math.*, 98, 1933, p. 133-154.

(1) Séance du 1er février 1937.
(2) *Comptes rendus*, 204, 1937, p. 98.

trictive non nécessaire de l'orthogonalité du champ de la pesanteur et des couches d'égale densité ([3]).

Pour discuter l'existence des stratifications ellipsoïdales homothétiques et homofocales, suivant la valeur du moment cinétique de la masse, M. Gardedieu utilise les « résultats auxquels M. Véronnet est parvenu, par la discussion, à l'aide de la vitesse angulaire ([4]).

Il y a certainement là, de la part de M. Gardedieu, une méprise qui nous oblige à rappeler quelques points de l'histoire des recherches sur les fluides en rotation :

1° En juin 1926, nous avons montré que la *formule fondamentale* (14), p. 14 de la thèse de M.. Véronnet (formule reproduite en 1926, dans le fascicule XIII du *Mémorial des Sciences mathématiques*, par M. Véronnet lui-même), était fausse, et cela à la suite d'une erreur de signe et d'une identification injustifiée faite entre deux dérivées partielles d'une même fonction, prises dans des conditions différentes.

2° En octobre 1926, M. Rolin Wavre a rappelé que, dans l'hypothèse, la seule considérée jusqu'ici, de l'orthogonalité des couches à densité constante et du champ de la pesanteur, les éléments situés à la même distance de l'axe de rotation Oz devaient être doués d'une même vitesse angulaire ω. Cette propriété, qui se traduit par l'équation $\partial\omega/\partial z = 0$, a été énoncée par Henri Poincaré dans sa *Théorie des Tourbillons* ([5]) dans le cas où il existe une relation univoque $\rho = f(p)$ entre la densité et la pression. M. Wavre a montré que cette équation devait encore être satisfaite, dans l'hypothèse restrictive précédente, pour un fluide hétérogène incompressible ([6]).

3° En février 1927, nous avons démontré que l'hypothèse de l'orthogonalité du champ de la pesanteur et des surfaces à densité constante, considérée, à priori, comme nécessaire par MM. Hamy et Véronnet ([7]), impliquait l'impossibilité de toute stratification ellipsoïdale, même dans le cas de l'existence de mouvements relatifs internes des éléments du fluide ([8]).

([3]) *Comptes rendus*, 184, 1927, p. 277.

([4]) A. Véronnet, *Rotation de l'ellipsoïde hétérogène et figure exacte de la Terre* (*Thèse*, Paris, 1912, p. 25).

([5]) Paris, 1893, p. 178.

([6]) *Archives des Sc. phys. et nat. de Genève*, 5e série, 8, 1926, p. 330, et *Comptes rendus*, 184, 1927, p. 277.

([7]) Alexandre Véronnet, *Thèse*, 1912, p. 9.

([8]) P. Dive, *Comptes rendus*, 184, 1927, p. 371.

Ce résultat inattendu modifiait les idées reçues depuis quelque quarante ans sur les figures planétaires. En particulier, il prouvait l'invalidité des démonstrations de la thèse de M. Véronnet, fondées sur une expression inexacte de la vitesse angulaire ω ([9]). Ces démonstrations ont du reste été reproduites dans le fascicule 2, du tome IV du *Traité de Mécanique rationnelle* de Paul Appell, fascicule entièrement rédigé par M. Véronnet. (Voir, en particulier, les Chapitres VI, VII et VIII.)

4° Enfin, en juillet 1927, nous avons établi que l'hypothèse restrictive de l'orthogonalité des surfaces à densité constante et du champ de la pesanteur n'était nullement nécessaire; et, en l'abandonnant, nous avons pu donner une théorie nouvelle des rotations internes d'un fluide hétérogène, plus générale que les travaux publiés depuis Laplace sur cette question ([10]).

M. Véronnet affirme que l'équation $\partial\omega^2/\partial z = 0$ est satisfaite, en première approximation, par des stratifications ellipsoïdales à faibles aplatissements. Cette conclusion est injustifiée; elle résulte d'une confusion entre deux dérivées partielles de ω^2 par rapport à z, prises, l'une sur une parallèle à l'axe de rotation, l'autre sur une surface à densité constante ([11]). Nous avons montré d'ailleurs dans notre Thèse ([12]) que, pour des stratifications ellipsoïdales homothétiques de faible aplatissement k et répondant à la loi des densités de Roche, les surfaces $\omega^2 = \text{const.}$, sont, en négligeant les termes en k^4, des sphères concentriques.

Les démonstrations de M. Gardedieu, qui utilisent les formules de M. Véronnet, et comportent des discussions dans lesquelles l'aplatissement des couches varie de 0 à l'infini, ne peuvent donc pas être conservées. Signalons, à ce propos, l'étude que nous avons faite sur le même sujet ([13]).

([9]) Voir Véronnet, *Thèse*, 1930, p. 17, formule 18.

([10]) *Comptes rendus*, 184, 1927, p. 277, et *Arch. des Sc. physiques et naturelles*, 44, 1927, p. 103.

([11]) Paul Appell, *Traité de Mécanique rationnelle*, IV, fasc. 2, *Les figures d'équilibre d'une masse hétérogène en rotation; Figures de la Terre et des planètes* 2e édition, 97, 1937, p. 111 et 112.

([12]) *Rotations internes des astres fluides*, Paris, 1930, p. 81.

([13]) *Thèse citée*, p. 72.

DYNAMIQUE DES FLUIDES. — *Sur la propagation du mouvement dans les milieux visqueux.* Note de M. **L. Cagniard**, présentée par M. Henri Villat.

P. Duhem démontra l'impossibilité de la propagation de discontinuités cinématiques dans un milieu visqueux. Cependant, lorsque les coefficients de viscosité sont *très petits*, il imagina que l'onde véritable (au sens d'Hugoniot) pouvait faire place à *une quasi-onde*, feuillet d'épaisseur très petite à la traversée duquel telle ou telle dérivée d'un élément caractéristique du milieu subit une variation finie, pratiquement équivalente à une discontinuité. Il put prévoir en outre que l'épaisseur de la quasi-onde était d'un ordre infinitésimal *au plus* égal à celui des coefficients de viscosité.

Ces conclusions très générales furent précisées par M. Louis Roy (¹) dans un cas particulier. M. Roy se limite au cas des petits mouvements, régis par l'équation

$$a^2 \frac{\partial^3 u}{\partial x^2 \partial t} + V^2 \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} - \frac{\partial^2 u}{\partial t^2} = 0, \tag{1}$$

quand le phénomène dépend d'une seule variable d'espace. Il détermine une solution $u(x, t)$ telle que, pour $t = 0$, u et $\partial u / \partial t$ se réduisent à des fonctions données de x. La solution, exprimée par une intégrale de Fourier, est peu maniable mais permet cependant d'obtenir, *quand a est infiniment petit*, une formule asymptotique simple qui précise la nature de la quasi-onde de Duhem.

J'ai cherché à compléter les résultats de M. Roy en résolvant le problème mixte typique, qui s'adapte mieux que celui de Cauchy aux conditions expérimentales dans lesquelles on provoque généralement la naissance d'une onde progressive : pour $x \geqq 0$, $t = 0$, u et $\partial u / \partial t$ doivent être nuls; pour $x = 0$, $u(0, t)$ doit se réduire à une fonction donnée $F(t)$, nulle ainsi que sa dérivée pour $t = 0$.

La solution cherchée est du type habituel

$$(2) \quad \left\{ \begin{aligned} & u(x, t) = \int_0^t F(v)\, A'(t - v, x)\, dv, \\ & A'(v, x) = \frac{e^{-\frac{V^2}{a^2} v}}{a\sqrt{\pi v}} \int_0^{+\infty} e^{-\frac{v}{4a^2}\left(s + \frac{x}{v}\right)^2} J_0\left(2i \frac{V}{a^2} \sqrt{x v s}\right) \left[\frac{v}{4a^2}\left(s + \frac{x}{v}\right)^2 - \frac{1}{2}\right] ds, \\ & i = \sqrt{-1}; \qquad J_0 : \text{fonction de Bessel d'ordre zéro.} \end{aligned} \right.$$

(¹) *Mémoires présentés par divers savants à l'Académie des Sciences*, 35, 1914, n° 2.

Il est commode, pour la discussion, de définir la fonction $A(v, x)$

$$A(v, x) = \int_0^v A'(v, x)\, dv.$$

Il suffit que $F(t)$ soit bornée et intégrable pour que l'expression (2) constitue une solution formelle, mais la nature physique du problème limite plus étroitement l'arbitraire qui subsiste dans la définition de $F(t)$. J'indique succintement les caractères de la solution qui me paraissent essentiels :

1° Lorsque x est donné, $A(v, x)$ croît de 0 à 1 quand v varie de zéro à l'infini. Au voisinage de $v = 0$, pour $x \neq 0$, on a

$$A(v, x) = \frac{2a}{x\sqrt{\pi}} e^{-\frac{x^2}{4a^2 v}} \sqrt{v}\,[1 + \varepsilon_1(v, x)], \tag{3}$$

où $\varepsilon_1(v, x)$ est une fonction holomorphe, nulle pour $v = 0$. Si grand que soit x, le mouvement débute donc à l'instant précis où $F(t)$ cesse d'être nul; mais le démarrage est d'une extrême douceur, puisque la vitesse et les accélérations initiales de tous ordres sont nulles. L'absence de front d'onde, anormale dans les problèmes de ce type, exige l'examen du comportement de $u(x, t)$ lorsque x devient infini; je me borne ici à cette indication.

2° L'impossibilité de la propagation des discontinuités cinématiques (proposition distincte de la précédente concernant l'absence de front d'onde) résulte du fait que $u(x, t)$ est une fonction continue, admettant des dérivées de tous ordres, continues également.

3° J'ai dit que $A(v, x)$ tend vers l'unité quand v devient infini.

Donc si $F(t)$, après diverses variations, finit par se fixer à une valeur constante l, $u(x, t)$ tend asymptotiquement vers l quel que soit x. On pouvait prévoir ce résultat puisque $u = \text{const.}$ est une solution de l'équation (1).

4° Lorsque x est extrêmement grand, *quel que soit l'ordre de grandeur de a*, $A(v, x)$ a pour limite

$$[A(v, x)]_{\text{asymp.}} = \frac{1}{2}\left\{1 + \Theta\left[\frac{V\sqrt{V}}{a\sqrt{2x}}\left(v - \frac{x}{V}\right)\right]\right\}; \qquad \Theta(z) = \frac{2}{\sqrt{\pi}}\int_0^z e^{-x^2}\,dx. \tag{4}$$

La propagation s'effectue donc sous forme d'une *pseudo-onde*, de vitesse V, dont la structure est semblable à celle de la pseudo-onde de crue que j'ai décrite récemment en étudiant la propagation d'une intumescence vers l'aval d'une rivière ([2]).

([2]) *Comptes rendus*, 203, 1936, p. 1324.

5° Lorsque a tend vers zéro, *quel que soit l'ordre de grandeur de x*, la formule (4) représente encore l'expression asymptotique de $A(v, x)$. L'épaisseur de la pseudo-onde est alors un infiniment petit du premier ordre par rapport à a, d'ordre 1/2 par rapport aux coefficients de viscosité. *La pseudo-onde ainsi particularisée n'est autre que la quasi-onde de Duhem.* La continuité de la solution par rapport à a pour $a = 0$ est une conséquence immédiate de la formule (4).

6° Enfin, lorsqu'on fait tendre V vers zéro, on montre que la solution a pour limite la solution classique du problème similaire relatif à l'équation de la chaleur.

MÉCANIQUE. — *Sur une expression théorique nouvelle de l'abordage d'une poulie par une courroie épaisse.* Note de M. **René Swyngedauw**, présentée par M. Albert Caquot.

J'ai montré [1] que le calcul scientifique d'une courroie exige la connaissance de la loi de variation du coefficient de frottement sur la poulie avec la vitesse de glissement, de la longueur de l'arc critique sur laquelle elle glisse avant d'adhérer, et de la distance de la ligne neutre à la poulie sur l'azimut critique.

Grâce à ces données, toutes déterminables par l'expérience, il est possible de calculer pour *une poulie menante* son couple-frein sur la zone critique, son couple moteur sur le reste de la poulie, et par conséquent le couple moteur réellement agissant.

Le couple-frein dépend essentiellement du coefficient k de renforcement de la tension dans l'arc critique mesuré par l'expression

$$k = \int_0^{\alpha_c} f \, d\alpha,$$

α_c étant l'angle critique, quotient de l'arc critique a_c par le rayon de la poulie, f le coefficient de frottement.

D'après mes expériences antérieures, l'arc critique a_c paraissait avoir sensiblement la même longueur pour tous les genres de courroies expérimentées : il en résultait la possibilité de calculer :

---

[1] *Comptes rendus*, 191, 1930, p. 1445, et *Bull. Ing. civ. Fr.*, 7 et 8, juillet août 1932, p. 825.

1° le coefficient k pour une courroie quelconque sans avoir à mesurer son arc critique;

2° la distance y_0 de la poulie à la lamelle neutre de la courroie par une formule directement tirée de l'équation d'équilibre des forces appliquées à un élément de courroie au voisinage de l'azimut critique où y_0 est exprimé en fonction de ce coefficient k et d'autres données fournies par l'expérience, et dont nous avons donné l'expression pour le cas de courroies homogènes ([2]).

Or des expériences sur une courroie nouvelle de très grand coefficient d'adhérence montrèrent un arc critique sensiblement moitié du précédent, ce qui infirmait le principe précédemment invoqué ainsi que toutes ses conséquences.

Cette constatation m'a amené à reprendre l'étude théorique de la montée d'une courroie sur la poulie, et puisque la distance de la ligne neutre à la poulie dépend du coefficient k, il fallait établir une deuxième équation pour les déterminer l'un et l'autre.

Cette deuxième équation nous est fournie en appliquant le principe de la conservation d'énergie au segment de courroie compris entre deux sections normales à son mouvement longitudinal, l'une dans le brin avant sa montée sur la poulie, l'autre infiniment voisine de l'azimut critique à partir duquel la courroie devient adhérente. Les échanges d'énergie entre ce segment et le milieu ambiant se font en réalité et ne peuvent se faire que par le travail des tensions appliquées aux extrémités du segment et par le frottement de la courroie sur la poulie; les échanges calorifiques par conductibilité et par la résistance de l'air ayant une importance négligeable devant le pliage de la courroie quand elle aborde la poulie.

Si Δ_c est la distance de la poulie au point d'application de la résultante T_c sur l'azimut critique, des diverses tensions élémentaires appliquées aux lamelles d'épaisseur infiniment petite dy qui composent la courroie, y_0 la distance de la ligne neutre à la poulie sur l'azimut critique, T_0 la tension du brin avant la montée sur la poulie, le principe de la conservation d'énergie se réduit, en tenant compte de l'équation bien connue de l'équilibre des forces appliquées au segment, à l'expression

$$T_c \Delta_c - T_0 y_0 = P y_0 \Theta_0 k + \frac{dU}{d\alpha}. \tag{1}$$

([2]) *Comptes rendus*, 204, 1937, p. 106.

où P est une fraction de l'unité de l'ordre d'un tiers,

$$\Theta_0 = T_0 - m V^2;$$

k, le coefficient de renforcement, dU l'accroissement d'énergie d'un élément de courroie qui passe, de la forme parallélipipède rectangle qu'il a pris dans le brin avant de monter sur la poulie, à la forme de segment de cylindre renfermé dans l'angle $d\alpha$ qu'il affecte à l'azimut critique.

$T_c \Delta_c - T_0 y_0$ et $dU/d\alpha$ peuvent être exprimés en fonction des coefficients a et b de l'expression $E = a + b\lambda$ du module d'élasticité en fonction de l'allongement spécifique λ de l'unité E de longueur de la courroie.

En remplaçant, dans l'équation (1) fournie par le principe de la conservation d'énergie, y_0, distance de la ligne neutre à la poulie, par sa valeur tirée de l'équation d'équilibre des forces appliquées à un élément de courroie voisin de l'azimut critique, dont l'expression pour une courroie à module constant a été donnée dans ma Note précitée; en supposant d'autre part qu'une section plane normale au mouvement d'ensemble de la courroie, reste plane dans la zone critique, on obtient l'expression du coefficient de renforcement k de la tension qui permet d'énoncer les lois suivantes, que mes expériences antérieures avaient fait pressentir ou révélées partiellement :

A. *Le coefficient de renforcement est sensiblement proportionnel au rapport* e/R *de l'épaisseur de la courroie au rayon de la poulie;*

B. *Pour une courroie donnée, la longueur de l'arc critique sur lequel glisse la courroie avant d'adhérer à la poulie, a sensiblement la même valeur, quel que soit le rayon de la poulie;*

C. Mais, contrairement à ce que j'avais conclu empiriquement de mes expériences sur les courroies cuir, soie, coton, balata, caoutchouc, *l'arc critique n'a pas la même longueur pour toutes les courroies.*

L'étude théorique montre, et l'expérience confirme qu'en première approximation :

1° *cet arc est proportionnel à l'épaisseur de la courroie et varie en raison inverse du coeffìcent du frottement dans la zone critique;*

2° l'arc critique n'existe pas, autrement dit *la courroie adhère dès le premier contact, si son module d'élasticité garde une valeur constante indépendante de l'allongement spécifique.*

ASTROPHYSIQUE. — *Dédoublement de raies nébulaires dans le spectre de Nova Herculis* 1934. Note de M. **David Belorizky**, présentée par M. Aymar de La Baume Pluvinel.

Nova Herculis présente actuellement des particularités spectrales remarquables. Toutes les raies, dans la région visuelle, se sont affaiblies sauf N_1 (5007 Å) et N_2 (4959 Å). La raie de beaucoup la plus forte est N_1, et ensuite, dans l'ordre des densités photographiques, N_2, 4363, puis les raies de l'hydrogène. Il suffit de poser 15 minutes avec notre prisme-objectif de Marseille pour avoir, avec des plaques superfulgur, les raies N_1 et N_2 bien nettes. Pour obtenir les raies 4363 et celles de l'hydrogène, il faut poser au moins 1 heure, la magnitude de l'étoile étant 7,8 environ.

Nous avons constaté depuis le milieu d'octobre 1936 *le dédoublement de raies* N_1 *et* N_2. Ce dédoublement s'est accentué en novembre et persiste toujours. Il est plus prononcé pour N_1 que pour N_2. La distance entre les centres de deux composantes est de 7 à 8 Å.

Il est remarquable que la raie 4363, *qui appartient cependant à la même série que les raies* N_1 *et* N_2 (*raies interdites de* O III), *ne soit pas dédoublée. Les raies de l'hydrogène non plus.*

On ne peut pas expliquer de dédoublement par la différence de vitesse radiale des deux composantes de la Nova car leur déplacement mutuel est assez régulier. Suivant les mesures des observatoires américains, la distance entre ces deux composantes était en juillet 1935 de 0",25, en avril 1936 de 0",30 et en septembre 1936 de 0",36, l'angle de position étant toujours 140° environ. Si le dédoublement des raies nébulaires était dû à la différence de vitesse radiale des deux composantes de la Nova, il se serait montré depuis longtemps et aurait aussi affecté les autres raies.

L'explication la plus vraisemblable nous paraît être la suivante :

La nébuleuse, formée par les gaz issus de l'étoile, est animée d'un mouvement de rotation. Les raies N_1 et N_2 se forment dans la couche extérieure, tandis que la raie 4363, ainsi que les raies de l'hydrogène, proviennent de couches plus profondes. A l'extérieur de la nébuleuse, la vitesse linéaire de la rotation est plus élevée : elle se traduit par le dédoublement de raies provenant de ces régions. D'ailleurs, on sait, par les spectres de plusieurs nébuleuses planétaires obtenus au prisme-objectif, que leurs images avec les raies N_1 et N_2 ont, en général, des dimensions plus grandes qu'avec

leurs autres raies. Ainsi le dédoublement des raies N_1 et N_2, *et d'elles seules*, devient donc tout à fait naturel.

Nova Herculis ne présente pourtant pas de disque de dimensions appréciables : il faut en chercher la cause dans sa très grande distance.

La vitesse de rotation des couches extérieures de la nébuleuse qui entoure l'étoile atteint au moins 220 km/sec.

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *Sur la théorie du deuton; interaction proton-neutron d'allure exponentielle.* Note de M. **Théodore Kahan**, présentée par M. Louis de Broglie.

Les forces d'interaction proton-neutron dans le deuton (noyau de l'hydrogène lourd) sont des forces d'échange soit du type Majorana (forces indépendantes des directions relatives des spins), soit du type Heisenberg (forces dépendantes des spins relatifs). On démontre d'autre part que le deuton ne peut posséder d'états excités stables différant de l'état fondamental (nombre quantique azimutal $l=0$) par leurs mouvements orbitaux si l'on fait abstraction du spin et si l'on admet l'existence de grandes forces intranucléaires à rayon d'action fini.

Toutefois, il y a lieu de prévoir l'existence d'un second état du deuton qui diffère de l'état fondamental par le spin total. Dans l'état fondamental, en effet, le spin du deuton (exprimé en $h/2\pi$) est une unité c'est-à-dire que les spins du proton et du neutron sont parallèles. Il peut donc y avoir un état avec spins antiparallèles des deux corpuscules, et par suite, caractérisé par un spin total nul. Ce second état est un état *simple* (poids statistique 1) tandis que l'état fondamental est un état *triple* (triplement dégénéré à cause des trois orientations possibles du spin total par rapport à un champ magnétique).

Si l'on admet seulement une interaction du type Majorana, les énergies de l'état triple et de l'état simple sont approximativement égales. Leur différence ne serait alors due qu'à une interaction magnétique entre les deux spins. En supposant une telle interaction entre les moments magnétiques, on arrive à une différence d'énergie d'environ 100 e.V (électron-volts) entre les deux états du deuton. Or il y a de fortes raisons d'ordre expérimental pour penser que le niveau énergétique de l'état triple est d'environ 2.10^6 e.V plus profond que le niveau de l'état simple. L'interaction magnétique seule est donc impuissante à rendre compte de cette

énorme différence. On est ainsi conduit à admettre que les forces nucléaires dépendent dans une certaine mesure des directions relatives des spins du proton et du neutron; en d'autre termes, à côté de l'interaction principale du type Majorana, il existe des forces d'échange plus faibles du type Heisenberg.

Si nous désignons alors par $M(r)$ le potentiel de Majorana et par $H(r)$ celui de Heisenberg, l'équation de Schrödinger, relative à notre problème, s'écrira (1)

$$\Delta R(r) + \frac{4\pi^2 m}{h^2} E\, R(r) = \frac{4\pi^2 m}{h^2}[M(r) \pm H(r)] R(-r), \tag{1}$$

où le signe + est relatif à l'état triple et le signe — à l'état simple. Comme l'état triple est plus profond que l'état simple, il faut que $M(r)$ et $H(r)$ soient tous deux négatifs ($-E$, énergie de liaison du deuton; m, masse du neutron).

J'admets que le potentiel d'interaction de Majorana est de la forme (critère de potentiel exponentiel)

$$M(r) = -V_1 \exp.\left(-\frac{r}{a}\right)$$

et l'interaction du type Heisenberg

$$H(r) = -V_2 \exp.\left(-\frac{r}{a}\right)$$

avec

$$a \text{ (rayon d'action)} = 2.10^{-13}\,\text{cm}.$$

Dans ces conditions, l'équation de Schrödinger (1) se transforme en une équation différentielle de Bessel dont la solution est du type $J_p(x)$ d'ordre p, avec

$$x = \frac{4\pi a}{h}\sqrt{m}\sqrt{V_1 \pm V_2}\exp.\left(-\frac{r}{2a}\right)$$

et

$$p = \frac{4\pi a}{h}\sqrt{-Em}.$$

Comme la fonction $R(r)$ doit s'annuler à l'origine ($r = 0$) (1), j'obtiens les deux conditions suivantes pour V_1 et V_2

$$(-E_t = 2{,}15.10^6\,\text{e.V}, \quad -E_s = 4.10^4\,\text{e.V}),$$

$$J_{p_1}\left[\frac{4\pi a}{h}\sqrt{m}\sqrt{V_1 + V_2}\right] = 0 \qquad \text{avec} \quad p_1 = \frac{4\pi a}{h}\sqrt{-E_t m}$$

(1) Les détails des calculs paraîtront dans un autre Recueil.

et

$$J_{p_2}\left[\frac{4\pi a}{h}\sqrt{m}\sqrt{V_1 - V_2}\right] = 0 \qquad \text{avec} \quad p_2 = \frac{4\pi a}{h}\sqrt{-E_s m}.$$

En utilisant les Tables de fonctions de Jahnke-Emden pour le calcul des racines de $J_p(x)$, je tire des conditions ci-dessus :

$$V_1 = 26.10^6\,\text{e.V} \qquad \text{et} \qquad V_2 = 8{,}8.10^6\,\text{e.V}.$$

L'interaction du type Heisenberg est donc trois fois plus faible que l'interaction du type Majorana.

ACOUSTIQUE. — *Sur l'absorption des ondes ultrasonores dans le benzène.* Note de M. **Ernest Baumgardt**, présentée par M. Paul Langevin.

Dans le calcul des coefficients d'absorption du son par les liquides intervient, outre la viscosité, la conductibilité thermique; mais, pour la plupart des liquides, l'influence de cette dernière est négligeable. Dans le cas du benzène, seulement 4 pour 1000 de la valeur du coefficient d'absorption du son sont dus à la conduction de chaleur.

D'après G. Stokes [1] et en tenant compte seulement de la viscosité, ce coefficient a comme valeur

$$\alpha_a = \frac{2\eta\omega^2}{3\rho V^3},$$

où ω est 2π fois la fréquence du son, η le coefficient de viscosité et ρ la densité, V désignant la vitesse du son dans le liquide.

Des mesures de P. Biquard [2], basées sur le phénomène de la diffraction de la lumière par les ultrasons, il sort que les coefficients d'absorption mesurés sont toujours beaucoup plus grands que les coefficients calculés. Ces mesures portent sur des ultrasons dont la fréquence N varie entre 4,8 et $11{,}1.10^6$ cycles/sec et montrent que dans ce domaine, l'absorption du son par le benzène est environ 100 fois plus grande que ne le prévoit la théorie. Il serait intéressant de descendre en fréquence, mais la méthode optique adoptée par Biquard ne le permet guère.

Au cours de mesures d'exploration de champs ultrasonores, j'ai pu déterminer les coefficients d'absorption du son dans le benzène, pour les fré-

---

(1) *Cambridge Trans.*, 8, 1845, p. 287.

(2) *Thèse*, 1935, Paris, p. 66.

quences suivantes :

$$8,675.10^5, \quad 1,463.10^6 \quad \text{et} \quad 2,072.10^6 \text{ cycles/sec.}$$

J'ai mesuré la pression qu'exercent les ultrasons émis par un disque de quartz piézoélectrique logé au fond d'une cuve, sur un cône en laiton mince, rempli d'air et dont le diamètre de base est sensiblement supérieur au diamètre du quartz émetteur. Dans ces conditions, les ondes ultrasonores émises par le quartz sont pratiquement des ondes planes et l'on peut varier la distance entre le cône et le quartz, sans que des ultrasons passent à côté du cône. La démonstration théorique du phénomène de la pression de radiation et de l'émission d'ondes dirigées a été donnée par M. Langevin [3] dans son cours au Collège de France en 1923.

Le cône en laiton est fixé au fléau d'une balance et sa distance du quartz peut être variée. Le fléau porte un miroir et l'on observe un spot lumineux sur une échelle de galvanomètre disposée verticalement. Des couches de feutre disposées aux parois intérieures de la cuve absorbent 100 pour 100 les ultrasons réfléchis obliquement par le cône, ce qui empêche la formation d'ondes stationnaires.

La puissance P des ultrasons diminue avec la distance du quartz émetteur suivant la relation

$$P_2 = P_1 e^{-2\alpha_a(x_2 - x_1)},$$

P_1 étant la puissance ultrasonore à x_1 cm, P_2 la puissance à x_2 cm du quartz.

Le tableau suivant présente les valeurs de α_a/N^2, correspondant aux différentes fréquences N explorées. Les valeurs données par Biquard sont marquées d'un astérisque.

N.	T.	α_a/N^2 exp.	α_a/N^2 théor. à 20°.
$8,675.10^5$	22°	(1205.10^{-17})	$8,66.10^{-17}$
$1,463.10^6$	22,5	888.10^{-17}	»
$2,072.10^6$	22,5	923.10^{-17}	»
$4,777.10^6$	22,5	867.10^{-17}*	»
$7,958.10^6$	17	916.10^{-17}*	»
$11,14.10^6$	19	806.10^{-17}*	»

Dans le domaine de fréquences comprises entre $1,5.10^6$ et 11.10^6, α_a/N^2 ne varie que très peu. Ces variations peuvent être dues à des erreurs

(3) P. BIQUARD, *Rev. d'Acoust.*, 1, 1932, p. 105-332.

d'observation. En effet Biquard (*loc. cit.*, p. 67) indique une erreur maximum de 10 pour 100 et c'est aussi l'erreur maximum de mes mesures, exceptée celle correspondant à la fréquence la plus basse (dans le tableau, entre parenthèses). A cette fréquence, les erreurs de lecture deviennent très importantes, à cause de la faible absorption. On peut donc seulement affirmer qu'à la fréquence de $8,675 . 10^5$, α_a/N^2 n'est certainement pas plus petit qu'entre $1,5 . 10^6$ et $11 . 10^6$ cycles/sec.

Je me propose de continuer cette étude vers des fréquences plus basses, ce qui sera possible en diminuant les vibrations parasitaires des instruments de mesure et en utilisant des liquides rigoureusement dégazés, les ultrasons dégageant vigoureusement les gaz dissous, dès que leur fréquence descend à quelques centaines de kilocycles.

Depuis la rédaction de cette Note, j'ai eu connaissance d'un travail publié récemment par MM. J. Claeys, J. Errera et H. Sack ([4]) qui, entre 287 et 2030 kilocycles, trouvent sensiblement les mêmes valeurs de α_a/N^2 que Biquard et moi-même.

THERMOÉLASTICITÉ. — *Nouvelles propriétés des ondes élastiques thermiques des liquides.* Note de M. **René Lucas**, présentée par M. Paul Langevin.

Suivant les idées de M. P. Debye ([1]) on peut considérer l'agitation thermique des atomes des corps solides et liquides comme le résultat de la superposition d'ondes élastiques parfaitement diffusées. Dans le cas des liquides où l'on n'envisageait que des ondes longitudinales, j'ai indiqué récemment ([2]) la nécessité de tenir compte de l'existence d'ondes transversales liées aux propriétés de viscosité.

La pression de radiation des ondes élastiques thermiques a fait l'objet de travaux théoriques de H. A. Lorentz ([3]) et de L. Brillouin ([4]), mais la mise en évidence expérimentale et la mesure de cette pression n'avait pas encore été indiquées.

La présente Note décrit une expérience qui établit l'existence des

([4]) *Trans. Faraday Soc.*, 33, 1937, p. 136-141.

([1]) *Ann. der Phys.*, 4e série, 39, 1912, p. 798.

([2]) *Comptes rendus*, 203, 1936, p. 773.

([3]) *Proc. Amsterdam*, 19, 1917, p. 1324.

([4]) *Thèse*, Paris, 1921; *Journ. de Phys.*, 6, 1925, p. 337; *Ann. de Phys.*, 4, 1925, p. 528.

pressions de radiation des ondes élastiques thermiques des liquides, à l'aide du dispositif suivant.

Une palette de Rayleigh, analogue à celles utilisées pour observer les pressions de radiation des ultrasons, est constituée par un cylindre creux en verre portant deux bases circulaires de métal. Cet appareil, lesté et rempli d'air est suspendu au fléau d'une balance et immergé dans le liquide utilisé (eau par exemple), de manière à ce que les bases du cylindre soient horizontales. Le récipient renfermant l'eau peut être refroidi par la base à l'aide d'une circulation extérieure.

Avec ce dispositif on peut établir, *sans créer de courants de convection*, une inégalité de température entre les deux faces de la palette. Par suite de la présence d'air dans la palette, les ondes élastiques thermiques du liquide sont presque complètement réfléchies par les bases métalliques.

La face supérieure de la palette (à température plus élevée) doit être soumise à une plus grande pression de radiation que la face inférieure. C'est bien ce que confirme l'expérience en procédant de la manière suivante.

On commence par équilibrer la balance lorsque l'ensemble est à une température uniforme, puis on refroidit rapidement par le bas l'eau du récipient.

Dans ces conditions et bien que l'augmentation de densité de l'eau (refroidie vers 6° C.) crée une poussée supplémentaire vers le haut, on constate que la palette est d'abord soumise à une force qui l'attire vers le bas (paroi froide).

Au bout d'un temps d'environ 10 à 20 minutes suivant les conditions, l'accroissement de poussée d'Archimède dû à l'augmentation de densité masque la force observée primitivement.

Avec une palette ayant pour dimension 5^{cm} de diamètre et 5^{cm} de hauteur et pour des écarts de températures de 10°C. entre les deux faces de la palette l'attraction vers le bas correspond à une force de $0^{g},008$ environ.

J'ai constaté, à l'aide d'une palette de dimensions semblables à celles de la précédente mais en métal massif (c'est-à-dire conduisant bien la chaleur ou les ondes élastiques thermiques), que l'effet de pression de radiation ne s'observait plus.

J'ai également vérifié qu'avec des liquides autres que l'eau des effets analogues se présentaient mais dans des conditions moins favorables à l'observation car pour ces liquides l'accroissement de poussée d'Archimède

liée aux changements de densité est, pour un même écart de température sensiblement plus important.

Des expériences sont en cours avec un dispositif amélioré pour obtenir des résultats numériques plus précis.

ÉLECTRICITÉ ET HYDRODYNAMIQUE. — *Tourbillons électroconvectifs dans une nappe liquide.* Note [1] de MM. **Douchan Avsec** et **Michel Luntz**, présentée par M. H. Villat.

Nous avons indiqué [2] l'origine des tourbillons électroconvectifs qui se produisent dans un fluide soumis à un champ électrostatique. Il faut, pour que ces tourbillons puissent apparaître, que le fluide possède un certain degré d'ionisation, sans être bon conducteur.

L'aspect géométrique des tourbillons électroconvectifs dépend essentiellement de la forme et de la disposition des électrodes, de l'intensité du champ des forces électrostatiques et de la viscosité du fluide. Nous donnerons dans cette Note la description des tourbillons se produisant dans une nappe de liquide, limitée par un fond horizontal et par sa surface libre.

Conditions expérimentales. — Nous avons utilisé, comme source de haute tension, une machine électrostatique Wimshurst, à dix disques, qui donnait un courant de 200 à 300 μA sous une centaine de kilovolts. Les liquides employés dans la plupart de nos expériences étaient l'huile industrielle et l'huile de vaseline. Mais quelques essais ont été faits également avec l'essence de pétrole (trop inflammable), la glycérine pure (trop conductrice), l'eau distillée (pas assez visqueuse), etc.

Mode opératoire. — L'huile est contenue dans un récipient métallique plat, l'épaisseur du liquide étant comprise entre 2 et 30^{mm}. Cette cuve est reliée à un pôle de la machine électrostatique. L'autre pôle de la machine aboutit à une tige pointue, placée à 30^{cm} au-dessus du liquide. Les fuites provenant de cette tige produisent une ionisation de l'air au-dessus de la cuve. Très souvent, d'ailleurs, les fuites provenant de la machine électrostatique suffisent à ioniser l'air, et il est alors possible de supprimer la pointe. L'action de flammes ou de rayons X pourrait produire aussi une ionisation suffisamment intense de l'air.

---

(1) Séance du 1er février 1937.

(2) *Comptes rendus*, 203, 1936, p. 1140.

Description des phénomènes tourbillonnaires. — Dès que la machine électrostatique est mise en marche, la couche de l'huile se divise en un réseau de compartiments polygonaux (hexagonaux, dans le cas idéal) et fermés. A l'intérieur de chaque cellule on reconnaît un mouvement tourbillonnaire analogue à celui de tourbillons thermoconvectifs de H. Bénard.

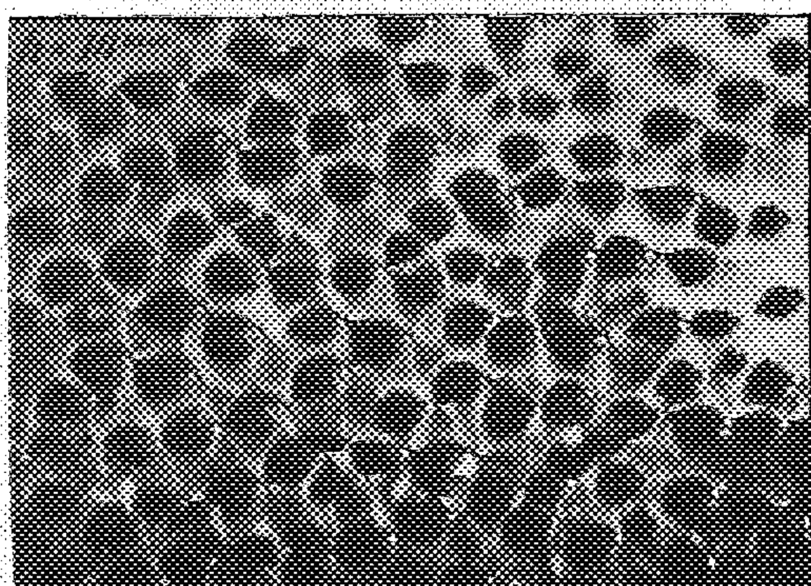


Fig. 1.



Fig. 2.

Nous donnons ici un tableau comparatif mettant en évidence les propriétés caractéristiques de ces deux genres de tourbillons.

Propriétés caractéristiques.	Tourbillons cellulaires thermoconvectifs.	Tourbillons cellulaires électroconvectifs.
Division de la lame liquide	soit cellules polygonales (dont le cas idéal serait constitué par des cellules hexagonales), soit « tourbillons-chenilles » ([2])	
Relief de la surface libre	dénivellations de l'ordre de quelques μ.	dénivellations comparables à l'épaisseur du liquide
Vitesse moyenne du mouvement interne	de l'ordre de mm/sec	de l'ordre de cm/sec
Mouvement suivant les axes verticaux des cellules	toujours ascendant	deux cas : *a*, descendant; *b*, ascendant
Mouvement suivant les parois verticales des cloisons	toujours descendant	deux cas : *a*, ascendant; *b*, descendant

On voit qu'il existe une seule variété connue de tourbillons thermocon-

([2]) *Notice sur les Travaux scientifiques de H. Bénard*, Paris, 1926, p. 15-16.

vectifs; par contre, on observe deux variétés de tourbillons électroconvectifs :

a. les tourbillons à mouvement descendant le long de leurs axes verticaux et ascendant le long des parois des cloisons;

b. les tourbillons à mouvement ascendant suivant les axes et descendant suivant les cloisons.

Les photographies 1 et 2 montrent les deux aspects possibles de la surface du liquide correspondant aux types *a* et *b*. Les figures 3 et 4 donnent

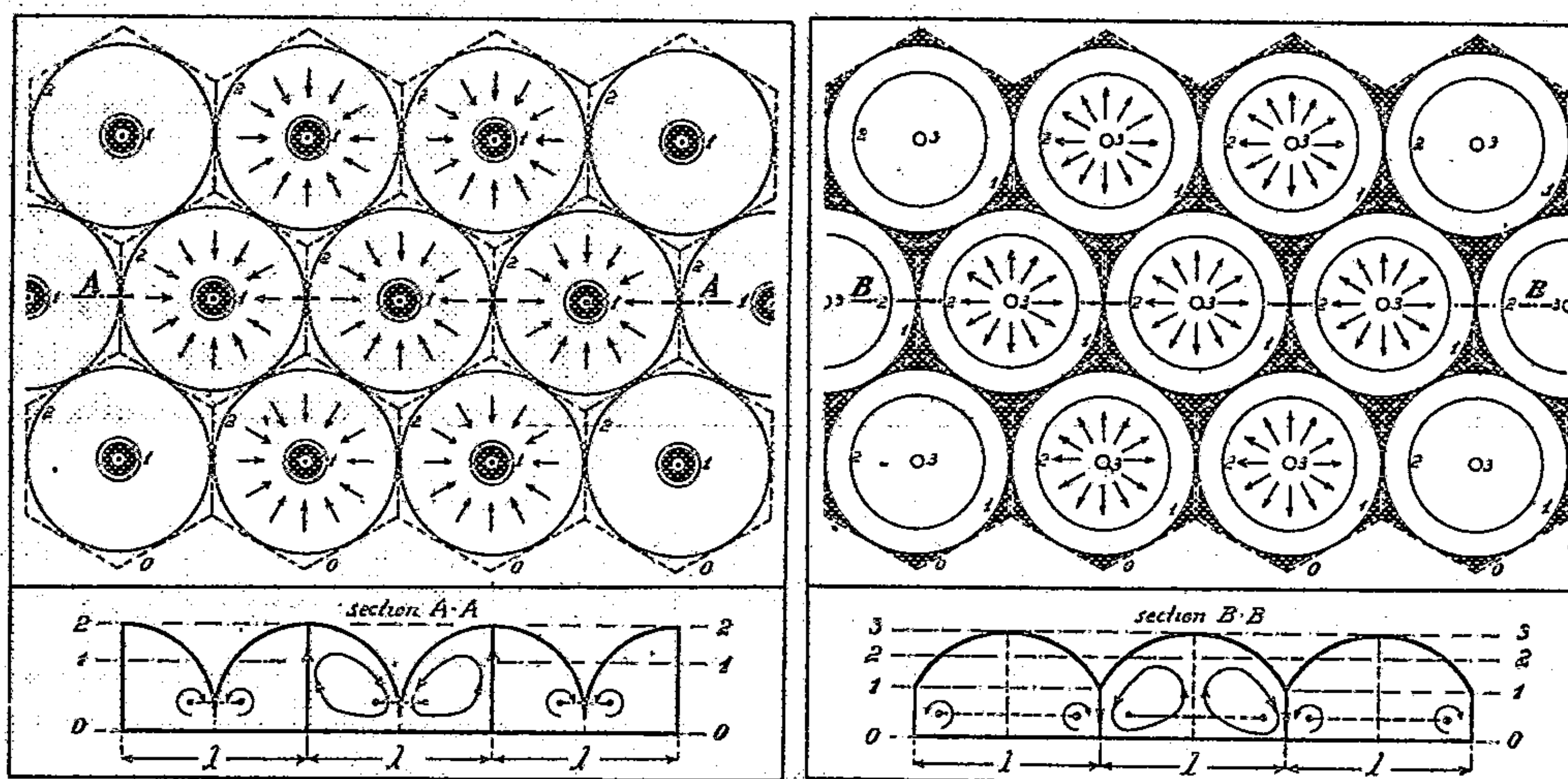


Fig. 3. Fig. 4.

les lignes de niveau de la même surface et les coupes verticales de la nappe, λ désignant le petit diamètre de la cellule hexagonale. Les lieux où la surface est le plus fortement dénivelée sont noircis.

ÉLECTROCHIMIE. — *Potentiel du cuivre dans les solutions de benzène sulfonate de cuivre.* Note de M[lle] MARGUERITE QUINTIN, présentée par M. Jean Perrin.

J'ai déterminé le potentiel E_{Cu} du cuivre dans les solutions de benzène sulfonate de cuivre à partir des mesures de la force électromotrice (f. e. m.) E de la chaîne

$$- \text{Cu (amalgame deux phases)} \mid (C^6H^5SO^3)^2\,Cu,\quad c \mid KCl\ \text{sat.} \mid KCl\ 0{,}1\ N \mid Hg^2Cl^2,\ Hg +$$

à différentes concentrations *c*.

En tenant compte du potentiel de l'électrode au calomel décinormale et en négligeant le potentiel de jonction $(C^6H^5SO^3)^2$ Cu, c|KCl| sat., on a

$$E_{Cu} = E_0 - \frac{RT}{2\mathcal{F}} \operatorname{Log} cf_+,$$

f_+ désignant le coefficient d'activité de l'ion Cu^{++}, et E_0 le potentiel normal (potentiel dans une solution d'activité $cf_+ = 1$).

La f. e. m. E est mesurée par la méthode d'opposition à un dixième de millivolt en utilisant un galvanomètre sensible à 3.10^{-11} ampères.

Le benzène sulfonate de cuivre [1] est préparé en ajoutant à une solution concentrée de benzène sulfonate de baryum la quantité nécessaire d'une solution concentrée de sulfate de cuivre; le benzène sulfonate de baryum étant lui-même obtenu par action d'un excès de carbonate de baryum sur une solution diluée d'acide benzène sulfonique. Ces deux benzène sulfonates sont purifiés par trois cristallisations successives.

L'amalgame de cuivre est préparé par électrolyse; le mercure distillé trois fois; l'eau bidistillée (pH = 6,95, conductivité $1,2 \times 10^{-6}$); tous les autres produits sont des produits Merck.

L'électrode au calomel décinormale est fréquemment comparée à trois électrodes au calomel (KCl sat. KCl 1 N, KCl 0,1 N) servant d'éléments de référence. L'électrode à amalgame de cuivre est montée dans un vase à tubulures permettant d'effectuer un barbotage d'azote dans la solution de benzène sulfonate, puis d'éviter toute rentrée d'air lorsque le courant gazeux est arrêté. La jonction entre les deux compartiments est établie grâce à deux siphons successifs à robinets fermés. L'ensemble est placé dans un thermostat à air réglé à 25° ± 0°, 1.

Pour chaque concentration, il est construit au moins quatre piles différentes. En l'absence d'oxygène l'équilibre du potentiel est atteint en moins d'une heure et il reste constant pendant plus de vingt-quatre heures. La force électromotrice est reproductible, l'écart maximum par rapport à la moyenne est rarement de plus de deux dixièmes de millivolts.

Le tableau ci-dessous résume l'ensemble des résultats obtenus.

c (mol-g/litre)......	0,1.	0,05.	0,02.	0,01.	0,005.	0,002.	0,001.
E (10^{-4} volt).......	352	425	522	598	672	771	844
E_{Cu} (10^{-4} volt).....	−3024	2951	2854	2778	2704	2605	2532
E'_0 (10^{-4} volt).....	−3320	3336	3356	3369	3384	3403	3419

[1] A. FREUND, *Ann. der Chem.*, **120**, 1861, p. 80.

Le potentiel normal E_0 se détermine assez aisément par la méthode d'extrapolation de Lewis. Si l'on représente, en effet, les variations de la quantité : $E'_0 = E_{Cu} + [RT/2\mathcal{F}] \log c$ en fonction de $\sqrt{6c}$, racine carrée de la force ionique, on obtient une courbe qui pour les deux plus grandes dilutions comporte une portion rectiligne ayant une pente très voisine de la valeur $2RTB/\mathcal{F}$ imposée par la loi limite de Debye et Hückel (lorsque $c \to 0$, $\log f_+ \to -4B\sqrt{6c}$, $E'_0 \to E_0 - [2RT/\mathcal{F}]B\sqrt{6c}$). En prolongeant cette partie jusqu'à l'axe des ordonnées on obtient : $E_0 = -3454 \times 10^{-4}$ volt.

Le résultat ci-dessus permet d'entrevoir que la théorie de Debye et Hückel doit s'appliquer aux solutions de benzène sulfonate de cuivre, du moins dans la région des grandes dilutions.

SPECTROSCOPIE. — *Sur la structure des spectres* Sb VI *et* Te VII. Note de MM. **Léon** et **Eugène Bloch.**

Au cours d'un récent travail sur *Les spectres du soufre et du tellure dans l'ultraviolet lointain* (1), nous avons signalé que le spectre du tellure présente dans la région extrême trois raies intenses qui semblent devoir être, d'après la loi d'analogie des spectres isoélectroniques, les trois raies fondamentales du spectre Te VII. Il s'agit des trois raies suivantes :

Te VII.

	Symbole.	λ.	Int.	N.	ΔN.
(1)	$^1S_0 - {}^3P_1$	237,54	4	420982	
					9366
	$^1S_0 - {}^1P_1$	232,37	10	430348	
					8556
	$^1S_0 - {}^3D_1$	227,84	8	438904	

L'attribution que nous proposions pour ces raies était faite avec quelque réserve. D'une part, les raies en question, qui s'observent fréquemment en second et même en troisième ordre, nous semblaient d'une intensité trop forte pour appartenir à un spectre d'une excitation aussi élevée que Te VII. D'autre part les différences de fréquence $^3P_1 - {}^1P_1 = 9366$ et $^1P_1 - {}^3D_1 = 8556$ devraient se retrouver entre divers couples de raies provenant de transitions entre certains termes de la configuration $6d^9 7s$ et les trois termes $^3P_1$, $^1P_1$,

(1) L. et E. Bloch, *Journ. de Phys. et Le Radium*, 6, 1933, p. 441.

$^3D_1$, dérivant de la configuration $6d^9\,7p$. Ces transitions ont été spécifiées par Schœpfle ([2]), et les différences de fréquence 9366 et 8556 sont incompatibles avec son tableau. Les nombres correspondants proposés par Schœpfle sont 8842 et 7248.

De nouvelles recherches expérimentales, que nous avons entreprises avec l'aide de M. Félici, sur le spectre de l'antimoine, nous permettent d'être moins réservés et viennent directement à l'appui de l'interprétation exprimée dans le Tableau (I).

Le spectre de l'antimoine dans l'ultraviolet extrême présente lui aussi trois raies d'une intensité exceptionnelle, qui sont encore très fortes en second ordre. Ces raies se placent bien dans la région où l'analogie permet de prévoir les raies fondamentales de Sb VI, spectre précédant immédiatement Te VII dans la série isoélectronique qui part de Pd I. Le tableau suivant est l'analogue de celui qui a été dressé plus haut pour Te VII.

Sb VI.

	Symbole.	λ.	Int.	N.	ΔN.
(II)	$^1S_0 - ^3P_1$..........	292,33	10	342074	
					8920
	$^1S_0 - ^1P_1$..........	284,90	20	350994	
					6445
	$^1S_0 - ^3D_1$..........	279,77	15	357439	

Ici encore, les nombres donnés par Schœpfle dans son analyse du spectre Sb VI sont incompatibles avec notre tableau. Le nombre 8950 peut à la rigueur être considéré comme équivalent à notre nombre 8920, mais l'écart entre 5950 et 6445 est certainement inadmissible.

Nous nous sommes appuyés sur les tableaux qui précèdent et sur des mesures encore inédites du spectre de l'antimoine faites avec la collaboration de M. Herreng, pour rechercher l'ensemble des combinaisons présentes dans Sb VI entre les termes pairs les plus profonds $d^{10}(^1S_0)$, $d^9s\,(^3D_3,\ ^3D_2,\ ^3D_1,\ ^1D_2)$ et les termes impairs $d^9p\,(^3F^0_4,\ ^3F^0_3,\ ^3F^0_2,$ $-\ ^3D^0_3,\ ^3D^0_2,\ ^3D^0_1,\ -\ ^3P^0_2,\ ^3P^0_1,\ ^3P^0_0,\ -\ ^1F^0_3,\ ^1D^0_2,\ ^1P^0_1)$; les raies correspondantes de Te VII sont empruntées à notre travail déjà cité. Les résultats de notre analyse sont rassemblés dans les tableaux suivants, qui diffèrent considérablement des analyses proposées jusqu'ici.

([2]) SCHŒPFLE, *Phys. Rev.*, 43, 1935, p. 742.

Sb VI.

2........	1338,06	$^1D_2-{}^3P^0_2$
2........	1283,97	$^1D_2-{}^3F^0_3$
0........	1167,42	$^1D_2-{}^3P^0_1$
2........	1160,09	$^1D_2-{}^3D^0_2$
7........	1133,73	$^3D_3-{}^3P^0_2$
6........	1128,63	$^3D_2-{}^3F^0_3$
4........	1119,21	$^3D_1-{}^3D^0_2$
4........	1094,71	$^3D_3-{}^3F^0_3$
2........	1092,31	$^1D_2-{}^3F^0_2$
1........	1075,06	$^1D_2-{}^3D^0_3$
2*d*.......	1056,90	$^1D_2-{}^1P^0_1$
2*d*.......	1056,22	$^3D_1-{}^3F^0_2$
00........	1052,39	$^3D_1-{}^3P^0_0$
0........	1037,33	$^3D_2-{}^3P^0_1$
2........	1032,01	$^3D_2-{}^3D^0_2$
4........	1009,80	$^1D_2-{}^1F^0_3$
5........	999,51	$^3D_3-{}^3F^0_4$
00*d*.......	989,75	$^1D_2-{}^3D^0_1$
4........	978,03	$^3D_2-{}^3F^0_2$
3........	964,01	$^3D_2-{}^3D^0_3$
2........	959,63	$^3D_1-{}^3D^0_1$
0........	952,36	$^3D_3-{}^3F^0_2$
0........	949,40	$^3D_2-{}^1P^0_1$
00........	944,68	$^3D_1-{}^1D^0_2$
3........	939,07	$^3D_3-{}^3D^0_3$
1........	911,27	$^3D_2-{}^1F^0_3$
4........	889,00	$^3D_3-{}^1F^0_3$
10........	292,33	$^1S_0-{}^3P^0_1$
20........	284,91	$^1S_0-{}^1P^0_1$
15........	279,77	$^1S_0-{}^3D^0_1$

Te VII.

1........	1188,92	$^1D_2-{}^3P^0_2$
1........	1144,69	$^3D_1-{}^3P^0_2$
2........	1035,81	$^3D_2-{}^3P^0_2$
00........	1027,82	$^1D_2-{}^3D^0_2$
1........	1004,90	$^3D_2-{}^3F^0_3$
3........	1004,45	$^3D_3-{}^3P^0_2$
00........	975,42	$^3D_3-{}^3F^0_3$
00*d*.......	945,43	$^1D_2-{}^3D^0_3$
00........	934,79	{ $^3D_1-{}^3F^0_2$; $^1D_2-{}^1P^0_1$
00........	924,89	$^3D_1-{}^3P^0_0$
3........	924,32	$^1D_2-{}^3P^0_1$
1........	911,51	$^3D_2-{}^3D^0_2$
0*d*.......	908,09	$^3D_2-{}^3P^0_1$
0........	907,13	$^3D_1-{}^1P^0_1$
0........	885,55	$^1D_2-{}^1F^0_3$
3........	877,54	$^3D_3-{}^3F^0_4$
00........	860,93	$^3D_2-{}^3F^0_2$
00........	841,90	$^3D_1-{}^3D^0_1$
4........	835,04	$^3D_3-{}^3D^0_3$
2........	754,75	$^1D_2-{}^1D^0_2$
4........	237,54	$^1S_0-{}^3P^0_1$
10........	232,37	$^1S_0-{}^1P^0_1$
8........	227,84	$^1S_0-{}^3D^0_1$

SPECTROSCOPIE. — *Élargissement de la raie verte* (5461 Å Hg) *dans les arcs à vapeur de mercure à forte pression.* Note (¹) de M. **Léon Grillet**, présentée par M. Aimé Cotton.

La radiation verte du mercure $\lambda = 5460,7$ est considérée comme la plus commode et la plus intéressante pour de nombreuses mesures. Son centre de gravité optique est bien défini pour les lampes à vapeur de mercure à basse pression. Dans le but de déterminer jusqu'à quel point les arcs à vapeur de mercure à pression élevée peuvent être utilisés comme sources

(¹) Séance du 1er février 1937.

de radiations monochromatiques, j'ai déterminé la courbe de brillance spectrale de deux de ces arcs.

J'ai étudié l'arc en quartz à grand éclat Gallois *R. B. I.* alimenté en alternatif (400 watts) et la lampe Philips *Philora HP* 300. J'ai utilisé : un spectrophotomètre donnant dans la région 5461 Å une dispersion de 22 Å par millimètre (²) et un spectrographe à réseau plan de Rowland de 45000 traits muni d'un téléobjectif sphérocylindrique donnant une dispersion de 0,41 Å par millimètre.

Avec le premier appareil, l'examen à la vue montre déjà que la raie verte donnée par la lampe Philora est très élargie (environ 60 Å), qu'elle est dissymétrique et fortement renversée. Par suite de l'irradiation ce renversement n'est pas visible sur les clichés; il est par contre très visible pour les raies 4358 et 4047. Je compte publier ultérieurement leurs courbes de brillance spectrale. Je n'ai utilisé les résultats obtenus à partir du spectroscope à prismes que comme contrôle de ceux obtenus avec le deuxième appareil.

Avec le spectrographe à réseau, la dispersion est suffisante pour qu'il n'y ait lieu de faire aucune correction de pouvoir de résolution, d'irradiation et de largeur de fente exploratrice. Les clichés ont été pris sur plaque hypersensitive Ilford. Les densités ont été mesurées avec un microphotomètre Fabry et Buisson.

La courbe de répartition spectrale, ou du moins sa partie centrale, est tracée sur la figure. L'axe de la raie verte, déterminé à l'aide d'une lampe Cooper Hewitt en verre, par juxtaposition de spectres, correspond au zéro de l'échelle des longueurs d'onde. Les intensités sont rapportées au centre de la raie renversée prise pour unité.

L'axe de la raie renversée est déplacé de 0,3 Å vers le rouge. La dissymétrie des deux maxima qui encadrent cette raie d'absorption indique nettement que le déplacement de la raie d'émission vers le rouge est un peu supérieur (0,4 à 0,5 Å). Il est d'ailleurs possible que le déplacement réel des composantes centrales de la raie verte soit plus considérable. Nous verrons plus loin que dans l'arc R.B.I., l'accroissement d'intensité des satellites de petites longueurs d'onde peut compenser et même inverser le déplacement apparent total.

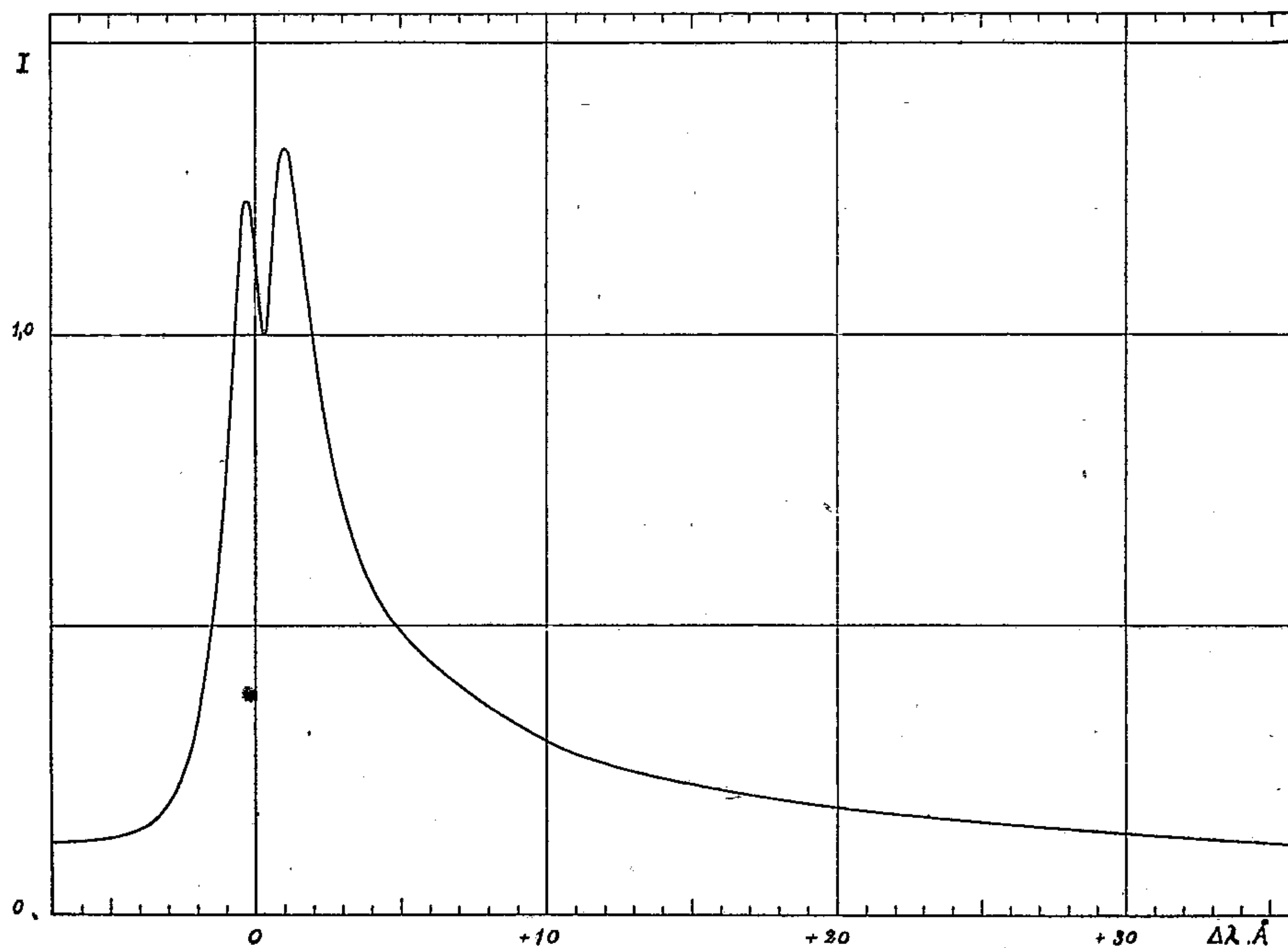
Étant donné la dissymétrie de la raie et l'intensité du fond continu, il est évident que le centre de gravité d'une bande spectrale qui la contient

---

(²) M. Duffieux et Léon Grillet, *Comptes rendus*, 195, 1932, p. 419; et *Rev. Optique*, 12, 1933, p. 425.

dépend non seulement de la largeur de cette bande, mais aussi de la position de ses limites dans l'échelle des longueurs d'onde. En particulier si on isole sur une longueur de 30 Å la partie la plus brillante de la raie le centre de gravité est déplacé de 4,5 Å vers les grandes longueurs d'onde.

J'ai photographié la raie verte donnée par l'arc R.B.I avec le spectrographe à réseau. Cette raie est beaucoup plus étroite, sa largeur totale



ne dépasse pas 0,6 Å. Elle est légèrement renversée. La raie d'absorption coïncide exactement avec la raie principale d'émission de la lampe Cooper Hewitt. Dans la partie où elle est la moins brillante, la raie d'émission est nettement dissymétrique. Son centre de gravité est déplacé vers le rouge de 0,04 Å. Dans la partie la plus brillante (cordon vu en bout) l'accroissement d'intensité des satellites de petites longueurs d'onde qui viennent fusionner avec la raie principale déplace le centre de gravité apparent de 0,1 Å vers le bleu.

L'examen des clichés faits dans des conditions identiques montre que la brillance monochromatique maximum de la raie verte de l'arc R.B.I est supérieure à la brillance maximum de la lampe Philora. Leur rapport, variable suivant les clichés (les deux lampes alimentées en alternatif étant très sensibles aux variations de régime) est voisin de 1,5.

J'ai utilisé la raie verte de la lampe Philora pour les mesures de densité au microphotomètre. Je l'ai isolé au moyen de l'écran verre de didyme-acide picrique, corrigé par un écran vert qui réduisait l'étendue du fond continu. Sa très grande intensité totale permet des mesures jusqu'à la densité 5.

Il résulte de l'étude précédente que dans les cas où l'on recherche une radiation monochromatique, la définition de la longueur d'onde efficace de cette raie exige des précautions particulières.

SPECTROCHIMIE. — *Les colorants du groupe de l'anthracène et leur capacité photosensible*. Note de M[lle] **Hoang thi Nga**, présentée par M. Jean Perrin.

Dans une étude précédente, où nous avons cherché à déterminer les groupements responsables du photopotentiel dans la molécule photosensible [1], nous avons eu l'occasion d'examiner quelques colorants du groupe de l'anthracène. Les résultats ont montré, aux erreurs d'expériences près et dans les conditions actuelles de mesure, que les colorants hydroxylés ne donnent pas lieu au phénomène tandis que les colorants aminés sont nettement photosensibles (*loc. cit.*, p. 732), ce qui semble confirmer cette hypothèse que l'effet serait dû aux groupements NH^2. Mais cette première étude, outre qu'elle a porté sur un nombre restreint de colorants à été faite pour une seule concentration (m/200) qui est la même pour toutes les électrolytes.

Nous avons donc repris cette question en multipliant les substances et en faisant varier dans de larges limites les concentrations des électrolytes utilisés. Nous avons voulu voir si le même fait se reproduirait dans ces conditions, et à cette fin nous avons examiné les colorants suivants dont la constitution relativement simple se prête à une analyse systématique du phénomène :

Colorants oxyanthraquinoniques : alizarine, quinizarine, purpurine, bordeau d'alizarine, acide rufigallique.

Colorants aminoanthraquinoniques : vert d'alizarine cyanine, bleu ciel d'alizarine.

Colorants aminooxyanthraquinoniques : alizarine saphirol.

Comme précédemment, nous avons uniquement tenu compte de l'effet instantané (*loc. cit.*, p. 729). Comme ces substances absorbent dans le

(1) *J. Chim. phys.*, **32**, 1925, p. 725.

visible, les expériences ont été faites en lumière blanche. Dans ces conditions, nous avons constaté, comme le montre le tableau ci-joint, que ni la nature, ni la concentration des électrolytes n'exerce une influence sur le caractère photosensible quasi nul des molécules qui ne renferment pas dans leur structure de groupement aminé, ce qui conduit à penser, du moins pour cette série de colorants et pour la précision actuelle des mesures (de l'ordre de 2 à 3 dixièmes de millivolt), que la présence des groupements contenant des atomes d'azote serait nécessaire pour provoquer le phénomène. Les résultats numériques contenus dans le tableau mettent en évidence le fait que les colorants examinés se divisent en deux catégories : l'une renferme des substances nettement photosensibles telles que les colorants aminés, l'autre contenant les corps dont l'effet est nul ou négligeable tel que les colorants hydroxylés.

		Photopotentiels en dixièmes de millivolts dans des solutions aqueuses à différentes concentrations.				
Substances.	Électrolytes.	m/1000.	m/500.	m/200.	m/100.	m/50.
Alizarine	SO^4K^2	0	0	0	2	1
Purpurine	»	0	1	0	−1	0
Vert d'alizarine cyanine	»	37	34	39	41	35
Alizarine saphirol	»	54	39	45	50	58
Bleu ciel d'alizarine	»	42	49	55	39	47
Quinizarine	HCO^2Na	0	0	1	0	−2
Bordeau d'alizarine	»	0	0	0	0	0
Vert d'alizarine cyanine	»	55	50	58	61	57
Alizarine saphirol	»	43	40	51	52	45
Bleu ciel d'alizarine	»	61	55	50	57	60
Alizarine	SO^3Na	0	0	0	0	0
Acide rufigallique	»	−2	0	0	−1	0
Vert d'alizarine cyanine	»	49	55	57	59	53
Alizarine saphirol	»	52	54	49	46	50
Bleu ciel d'alizarine	»	44	43	40	48	39
Purpurine	ClO^3K	0	0	−1	0	0
Bordeau d'alizarine	»	2	0	0	0	0
Vert d'alizarine cyanine	»	61	52	54	50	58
Alizarine saphirol	»	49	45	52	55	57
Bleu ciel d'alizarine	»	60	60	47	57	52
Quinizarine	ClO^4K	0	0	0	0	0
Acide rufigallique	»	−1	0	0	2	0
Vert d'alizarine cyanine	»	39	51	44	49	50
Alizarine saphirol	»	47	50	51	55	40
Bleu ciel d'alizarine	»	60	56	60	52	54

RADIOCHIMIE. — *Sur l'émission du rayonnement ultraviolet au cours de la décomposition lente des azotures.* Note de MM. **René Audubert** et **Henri Muraour**, présentée par M. Jean Perrin.

Les azotures sont des composés chimiques susceptibles, à une température inférieure à leur température de détonation, de présenter sous l'action de la chaleur une dissociation lente avec libération d'azote que l'on considère, en général, comme un processus simple; ces substances sont presque toujours des composés de formation très fortement endothermique; dans ces conditions la thermolyse doit s'effectuer avec une libération d'énergie considérable. De nombreuses réactions exothermiques, comme l'a montré l'un de nous (1), s'accompagnent d'une émission de rayonnement ultraviolet dont la longueur d'onde peut atteindre 2000 Å; aussi est-il logique d'admettre qu'une fraction de l'énergie mise en jeu lors de la dissociation des azotures peut apparaître sous forme de grands quantas lumineux. C'est pourquoi, nous avons pensé qu'il était intéressant d'étudier les dissociations thermiques de ces substances au moyen de compteurs photoélectriques de haute sensibitité mis au point antérieurement et capables (2) de déceler de très faibles quantités d'énergie lumineuse (quelques photons par seconde et par centimètre carré).

L'expérience a été faite en utilisant un photo-compteur à CuI; la sensibilité spectrale de cette photocathode (3) croît constamment depuis 2560 Å environ jusqu'à 2000 Å sans présenter de maximum, la longueur d'onde moyenne de la sensibilité étant approximativement de 2150 Å.

La sensibilité globale des cellules utilisées était mesurée comparativement au moyen d'un étalon Hefner dont le rayonnement était filtré par un écran de cellophane.

Les produits étudiés étaient disposés à l'état de poudre dans une capsule chauffée électriquement à une température déterminée au moyen d'un couple thermoélectrique.

La surface de rayonnement était dans tous les cas la même et de l'ordre de 1^{cm^2}. Le compteur était placé à quelques centimètres au-dessus de la substance; pour éviter une élévation possible de la température de la cellule,

(1) R. Audubert, *Comptes rendus*, 196, 1933, p. 1883; 202, p. 1041 et 1931.

(2) R. Audubert, *Comptes rendus*, 200, 1935, p. 918.

(3) R. Audubert et Reithmuler, *Comptes rendus*, 200, 1935, p. 389.

cette dernière était disposée dans un carter métallique parcouru par une circulation d'air froid et fermé par une plaque de quartz.

Dans ces conditions, on vérifie que la décomposition lente des azotures sous l'influence de la chaleur s'accompagne d'une émission de rayonnement ultraviolet décelable par un photo-compteur à CuI; cette chimie luminescente ultraviolette varie beaucoup suivant la nature du composé, elle est relativement intense avec les azotures de sodium, potassium, plomb et argent mais très faible dans le cas des azotures de calcium et de baryum.

Enfin on constate que le nombre de photons émis croît rapidement avec la température.

Il eût été intéressant de préciser si la température à laquelle la décomposition commence à se manifester, correspond à celle à laquelle l'émission devient décelable. En gros les deux phénomènes apparaissent à la même température pour les azotures alcalins; pour l'azoture de plomb, il semble que l'apparition d'azote précède l'émission de photons. En ce qui concerne, la décomposition photogénique des azotures alcalinoterreux, en raison des très faibles effets obtenus, il n'est point possible d'apprécier même très grossièrement la température à laquelle la lumière ultraviolette devient décelable.

Ces résultats indiquent qu'il ne semble pas y avoir de relation entre le facteur qui dans l'étude des explosifs porte le nom de *sensibilité* et le pouvoir émissif du composé : les azotures alcalins doivent en effet au point de vue photogénique être rapprochés des azotures de Pb et Ag, cependant que les alcalinoterreux ne donnent que des effets très faibles.

Si l'on compare les émissions obtenues avec ces corps aux émissions par les réactions chimiques antérieurement mises en évidence par R. Audubert et ses collaborateurs, au moyen des mêmes types de compteurs photoélectriques, on peut estimer approximativement que ces dernières sont 50 à 500 fois plus faibles. Néanmoins, le nombre de molécules d'azoture capables d'émettre des photons est encore une très faible fraction des molécules réagissant; en partant, en effet, des vitesses de réaction trouvées par Gardner [4] pour l'azoture de Pb, on trouve que le rendement radiochimique (rapport du nombre de photons émis au nombre total de molécules réagissant dans le même temps) est 10^{-10}-10^{-11} valeur plus élevée que celles qui avaient été précédemment trouvées (10^{-14}-10^{-16} pour les réactions étudiées).

([4]) W. E. Gardner et J. B. Marke, *J. of Chem. Soc.*, 32, 1936. p. 657.

CHIMIE MINÉRALE. — *Contribution à l'étude des acides phosphoriques condensés*. Note de M. **Pierre Bonneman**, présentée par M. Paul Pascal.

L'orthophosphate monosodique chauffé perd de l'eau et se transforme en trimétaphosphate en passant par l'état de pyrophosphate acide. Ce dernier paraissant exister à l'état de molécules simples, le produit initial de sa décomposition est vraisemblablement un métaphosphate monomoléculaire qui se polymérise ensuite.

Pour caractériser ce stade intermédiaire, on peut mélanger à l'orthophosphate un sel indécomposable par la chaleur et sur lequel réagirait le métaphosphate naissant. Le sel utilisé est le pyrophosphate neutre de sodium : un mélange intime équimoléculaire de ce dernier et d'orthophosphate est chauffé lentement jusqu'à 300° et maintenu quelques heures à cette température. Le produit de cette réaction, repris par l'eau, se dissout presque entièrement et une précipitation par l'alcool permet d'obtenir des cristaux qui ont la forme de parallélépipèdes droits, pour lesquels l'analyse donne

$H^2O = 22,5\,\%$; $P^2O^5 = 44,3\,\%$; $Na^2O = 31,7\,\%$.

Calculé pour $P^3O^{10}Na^5.6H^2O$

$H^2O = 22,7\,\%$; $P^2O^5 = 44,7\,\%$; $Na^2O = 32,6\,\%$.

Le sel a donc même composition que celui qui fut obtenu par Schwarz (¹) en fondant au-dessus de 600° un mélange de sel de Graham et de pyrophosphate neutre.

Le sel de Schwarz a été repréparé; il présente le même spectre de Debye-Scherer que le premier. Les angles θ sont

4°30′ (F), 6° (aF), 7° (F), 8°15′ (aF), 9° (F), 10° (f), 11° (aF), 12°30′ (f), 13°45′ (f), 14°30′ (aF), 15°15′ (F), 16°15′ (f), 17°30′ (aF), 18°15′ (ff), 18°45′(aF), 19°15′ (ff), 20°30′ (f), 22°15′ (f), 24°15′ (f), 26°15′ (f), 28° (f).

L'existence de ce sel ayant été mise en doute par Parravano (²), j'ai cherché à déterminer sa masse moléculaire en utilisant comme solvant le sulfate de sodium décahydraté.

(¹) *Z. anorg. Chem.*, 9, 1895, p. 249.
(²) *Z. anorg. Chem.*, 65, 1910, p. 1.

La moyenne des mesures donne $\theta/c = 8,6$ ce qui correspond à $M = 375$. (Calculé pour $P^3O^{10}Na^5$: 368.)

Les sels dérivés de celui de sodium ont été étudiés par Stange. J'en signalerai deux nouveaux


$$P^3O^{10}Na^3Cd.12H^2O \quad \text{et} \quad P^3O^{10}Na^2Cr.6H^2O.$$

Ils ont été préparés en ajoutant à une solution du sel de sodium des solutions concentrées de Cl^2Cd et de $(SO^4)^3Cr^2$ jusqu'à apparition d'un louche, filtration et cristallisation ou précipitation fractionnée.

M. Huber (3) a récemment isolé le sel acide


$$P^3O^{10}Na^3H^2.P^3O^{10}Na^5.3H^2O.$$

D'après ce résultat et ceux qui précèdent, on peut donc conclure que le sel préparé par Schwarz n'est pas, comme le supposait Parravano, un mélange de pyro et de métaphosphate, mais bien le sel d'un acide phosphorique condensé répondant à la formule $P^3O^{10}H^5$.

CHIMIE MINÉRALE. — *Étude de quelques phosphates du type* $PO^4M^{II}NH^4$. Note de M. **Victor Auger** et Mlle **Nina Ivanoff**, présentée par M. Georges Urbain.

Phosphate ammoniaco-magnésien. — Essais de déshydratation. Notre but a été de rechercher si, par déshydratation, l'hydrate à $6H^2O$ perdait $5H^2O$ et si le sel à $1H^2O$ obtenu montrait un palier de stabilité notable avant de fournir le sel anhydre. Il est admis que, pendant sa déshydratation au dessicateur ou à l'étuve, le sel à $6H^2O$ perd à la fois de l'eau et de l'ammoniac; nous avons constaté tout d'abord la réalité de ce fait qui avait été récemment mis en doute (1). Le sel $PO^4Mg, 6H^2O$ a perdu, en trois semaines, à la température ordinaire, dans un dessicateur, en présence de P^2O^5, 7 pour 100 de son poids; le résidu possède la formule $PO^4MgNH_4^{0,86}H^2O^{5,19}$. Après 9 mois en présence de SO^4H^2, la perte est de 43,1 pour 100 et sa composition est alors $PO^4MgNH_4^{0,80}H^2O^{0,32}$.

Étuvé à 55°, jusqu'à constance sensible au poids, il laisse un résidu

(3) *Z. anorg. Chem.*, **230**, 1936, p. 123.

(1) M. Travers et Mlle Perron, *Ann. de chimie*, 10e série, **1**, 1924, p. 170 et **2**, 1924, p. 56.

$PO^4MgNH_4^{0,72}H^2O^{4,7}$; à 70°, perte de 42,4 %; résidu $PO^4MgNH_4^{0,55}H^2O^{0,68}$; à 100° il ne reste plus que $0,26^{mol}$ de NH^4.

Dans un courant de NH^3, à 100° la perte de poids correspond exactement à 5^{mol} d'eau; le résidu possède la composition PO^4MgNH^4, H^2O, qui reste constante jusqu'à 140°. Vers 150° et au-dessus, il y a décomposition avec départ de H^2O et NH^3. Sous pression de 1^{atm}, en présence de $NaNH^2$ qui maintient le milieu gazeux sec et ammoniacal, on constate que le monohydrate est stable jusqu'à 140°; au-dessus, à partir de 160° la dernière molécule d'eau disparaît, et le sel anhydre PO^4MgNH^4 reste inaltéré jusqu'à 210° environ; la perte en NH^3 débute vers 220°; à l'air humide, il reprend rapidement $1H^2O$ et en présence d'eau ammoniacale il régénère lentement l'hydrate à $6H^2O$. Les produits obtenus présentent, par chauffage, le phénomène de l'incandescence de façon très marquée; ceci différencie le monohydrate obtenu par dessiccation, de celui qui se forme par précipitation en solution au-dessus de 60°; nous pensons qu'on doit attribuer au monohydrate de dessiccation, la formule simple monomoléculaire, en réservant au monohydrate non incandescent la formule quadruplée proposée par MM. H. Bassett et Croucher ([2]).

Phosphate ammoniaco-calcique $PO^4CaNH^4, 7H^2O$. — Ce sel a déjà été décrit. Si, dans sa préparation, on emploie une forte quantité de citrate d'ammonium, on peut l'obtenir, en maintenant la solution vers 0°, en très gros cristaux transparents. D'autre part, on peut aussi en absence de citrate, et même de chlorure d'ammonium, l'obtenir sous forme de cristaux microscopiques bien formés. Il perd déjà de l'ammoniac à la température ordinaire dans un dessiccateur, en atmosphère ammoniacale. A 100° la transformation en PO^4CaH est complète. Nous avons remarqué que ce sel au sein d'une solution formée de 2 volumes d'eau et 1 volume d'ammoniaque concentrée se transforme lentement en cristaux plats de forme carrée rappelant celle du monohydrate ammoniaco-magnésien; mais nous n'avons pas jusqu'ici réussi à l'obtenir assez pur pour l'analyser, étant donnée sa rapide décomposition hors de son eau mère.

Phosphate ammoniaco-barytique $PO^4BaNH^4, 7H^2O$. — Nous l'avons obtenu comme suit : 20^{cm^3} de Cl^2Ba $0^{mol},1$ sont versés en 25^{cm^3} de citrate d'ammonium à 200^g au litre; la solution claire est additionnée de 10^{cm^3} d'ammoniaque concentrée, puis de 10^{cm^3} d'une solution $0^{mol},2$ de $PO^4H(NH^4)^2$. On doit opérer entre 0° et 7°. Il se forme de longues et fines

([2]) H. BASSETT et W. BEDWELL, *Journ. roy. Soc. Lond.*, 1933, p. 854-871-877.

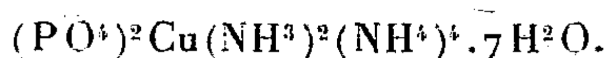
aiguilles qu'on lave avec des solutions froides, employées dans l'ordre suivant; 1 volume d'ammoniaque en 7 volumes d'eau, 1 volume d'ammoniaque en 9 volume d'alcool, alcool à 95°, éther absolu. On termine en enlevant ce dernier rapidement sous pression réduite. L'analyse a donné pour 100

Trouvé....	$NH^4 = 4,72$	$P = 8,2$	$Ba = 36,3$	Perte au feu $= 42,2$
Théorie...	» $= 4,78$	» $= 8,2$	» $= 36,2$	» $= 41,0$

Ce sel s'altère à la température ordinaire comme celui de Ca.

Le phosphate ammoniaco-strontique, malgré tous nos efforts, n'a pu être obtenu pur : les cristaux de forme carrée qui se déposent tout d'abord s'altèrent pendant les opérations du lavage et se transforment en une gelée de phosphate de strontium.

Phosphate de cupri-diamine et d'ammonium



$$(PO^4)^2Cu(NH^3)^2(NH^4)^4.7H^2O.$$

Ce sel, qui cristallise en gros prismes bleus, est obtenu en laissant évaporer sous une cloche, en présence de soude caustique, une solution rendue fortement ammoniacale d'oxyde de cuivre dans un excès d'acide phosphorique. On l'essore rapidement et on le conserve à la température ordinaire en atmosphère d'ammoniac, en présence de soude solide. On a trouvé à l'analyse pour 100

Trouvé...	$NH^4 = 21,1$	$Cu = 12,2$	$PO^4 = 40,1$	$H^2O = 26,6$ (par diff.)
Calculé...	» $= 22,2$	» $= 13,09$	» $= 39,17$	» $= 25,9$

Rapport $Cu : PO^4 = 1 : 2,06$; $Cu : NH^4 = 1 : 5,8$.

Les résultats analytiques sont loin d'être parfaits, mais ne laissent aucun doute sur les rapports moléculaires des constituants. Ce sel, dissous dans l'eau, se décompose rapidement en donnant naissance, vers 35°, au phosphate $PO^4CuNH^4.1H^2O$. Ce même composé est obtenu lorsqu'on abandonne à l'air l'eau mère d'où s'est déposé le sel primitif.

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur le phospham de Rose.* Note de MM. **Henri Moureu** et **Georges Wétroff**, présentée par M. Georges Urbain.

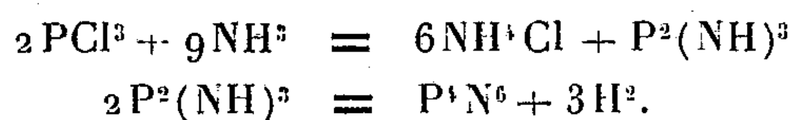
Nous avons indiqué [1], qu'après action de l'ammoniac liquéfié sur le trichlorure PCl^3, la décomposition thermique dans le vide, jusque

[1] *Comptes rendus*, 201, 1935, p. 1381.

vers 700°, des produits formés intermédiairement, conduit à un composé défini, qui n'est pas le nitrure $(PN)^n$, mais le pernitrure P^4N^6. Si nous revenons aujourd'hui sur cette même réaction, c'est qu'il nous paraît indispensable de dissiper définitivement une erreur reproduite dans tous les traités généraux qui, sur la foi des résultats présentés par les maîtres de la Chimie qui s'intéressèrent à cette question, ont toujours identifié jusqu'ici ce même composé au phospham PN^2H de Gerhardt.

Étudiée depuis plus d'un siècle, en premier lieu par Davy, la réaction précédente avait fait l'objet d'un important travail de Rose (²); celui-ci attribua la formule erronée d'un nitrure PN^2 au composé ainsi formé, que Liebig et Wöhler (³) pensèrent avoir eux aussi obtenu en partant du pentachlorure PCl^5. C'est Gerhardt (⁴) qui, dans un Mémoire classique, a démontré que le nitrure PN^2 de Liebig et Wöhler n'existait pas, et qu'il était constitué par un composé porteur d'hydrogène, le phospham PN^2H. Ces résultats ont été confirmés depuis par Besson (⁵) et par nous-mêmes (⁶). Par contre, abusé par la formule PN^2 indiquée par Rose, et effectivement très proche de PN^2H, Gerhardt a admis que le composé formé à partir du trichlorure PCl^3 était aussi du phospham : nos expériences ne peuvent pas s'accorder avec cette manière de voir. Il convient d'ailleurs de remarquer combien les corps phosphoazotés issus de ces réactions sont d'une étude délicate : ils possèdent des compositions souvent voisines, ainsi que des propriétés physiques presque identiques (ils sont incolores, insolubles, amorphes et non volatils); aussi avons-nous dû, pour manifester leur individualité, chercher à établir les propriétés chimiques qui les différencient.

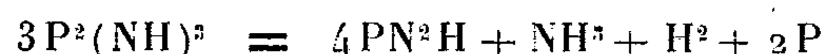
L'étude de la décomposition thermique des composés formés au cours de l'action de l'ammoniac sur les chlorures PCl^5 et PCl^3 montre, d'ailleurs, que les modalités en diffèrent notablement; tandis que, dans le premier cas, on observe une simple élimination de chlorure NH^4Cl et de gaz ammoniac, dans le second cas, on constate, en outre, le départ de phosphore et d'hydrogène, réaction que nous interprétons par les transformations



$$2PCl^3 + 9NH^3 = 6NH^4Cl + P^2(NH)^3$$
$$2P^2(NH)^3 = P^4N^6 + 3H^2.$$

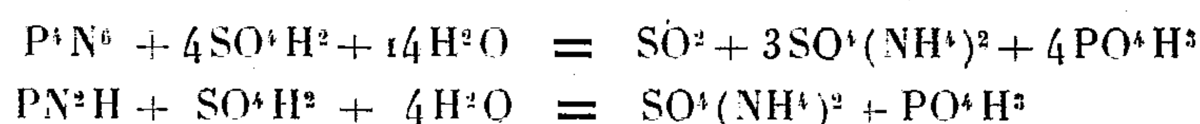
(²) *Pogg. Ann.*, 28, 1833, p. 529.
(³) *Lieb. Ann.*, 11, 1834, p. 139.
(⁴) *Ann. Chim. Phys.*, 18, 1846, p. 188.
(⁵) *Comptes rendus*, 114, 1892, p. 1264.
(⁶) *Bull. Soc. Chim.*, 3, 1936, p. 821 et 1801.

L'hydrogène formé de ce fait réagit partiellement sur le nitrure, ce qui permet d'expliquer la production simultanée de phosphore et d'ammoniac. Il serait évidemment possible d'interpréter la formation d'hydrogène en admettant que le composé est bien du phospham PN^2H. Mais la transformation



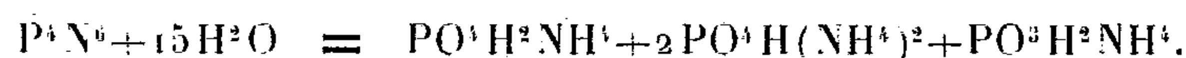
$$3P^2(NH)^3 = 4PN^2H + NH^3 + H^2 + 2P$$

représenterait un processus d'oxydation qui ne répond pas à la réalité. En effet, le produit formé réduit à chaud l'acide sulfurique concentré, avec départ de gaz sulfureux, réaction qui appartient bien à un dérivé du phosphore trivalent, tel que le nitrure P^4N^6, mais ne peut nullement correspondre à un composé de phosphore pentavalent tel que le phospham PN^2H



$$P^4N^6 + 4SO^4H^2 + 14H^2O = SO^2 + 3SO^4(NH^4)^2 + 4PO^4H^3$$
$$PN^2H + SO^4H^2 + 4H^2O = SO^4(NH^4)^2 + PO^4H^3$$

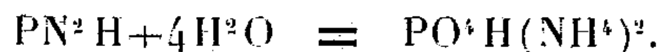
L'individualité des deux composés précédents apparaît encore plus nettement à l'examen de leurs produits d'hydrolyse. Avec la pernitrure P^4N^6, il se forme, à côté des phosphates mono et diammonique, du phosphite d'ammonium



$$P^4N^6 + 15H^2O = PO^4H^2NH^4 + 2PO^4H(NH^4)^2 + PO^3H^2NH^4.$$

Des réactions secondaires font en outre apparaître une certaine quantité d'hydrogène et d'hydrure PH^3.

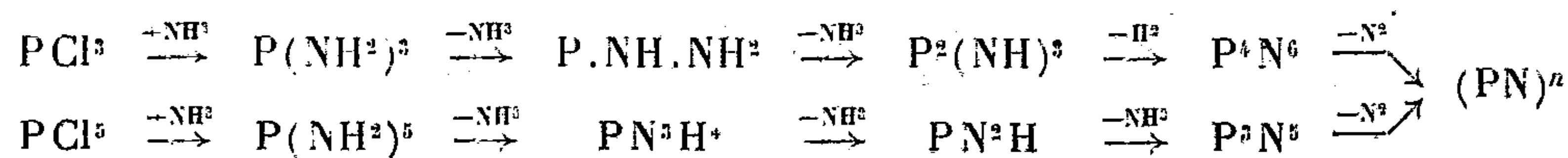
Quant au phospham, il conduit à du phosphate diammonique, sans dégagement gazeux, et la solution ne présente pas de propriétés réductrices



$$PN^2H + 4H^2O = PO^4H(NH^4)^2.$$

Indiquons encore que la pernitrure P^4N^6 est stable jusqu'à 750°, même sous basse pression, tandis que dès 450° le phospham se transforme en pentanitrure P^3N^5 avec dégagement d'ammoniac.

Il apparaît donc nettement, à l'examen des propriétés chimiques précédentes, que le phospham ne se forme pas dans la réaction de l'ammoniac sur le trichlorure PCl^3. Afin de mieux illustrer ces conclusions, nous indiquons ci-dessous un schéma d'ensemble destiné à mettre en relief les liens de parenté qui unissent entre eux les composés phosphoazotés actuellement connus :



$$PCl^3 \xrightarrow{+NH^3} P(NH^2)^3 \xrightarrow{-NH^3} P.NH.NH^2 \xrightarrow{-NH^3} P^2(NH)^3 \xrightarrow{-H^2} P^4N^6 \xrightarrow{-N^2} (PN)^n$$
$$PCl^5 \xrightarrow{+NH^3} P(NH^2)^5 \xrightarrow{-NH^3} PN^3H^4 \xrightarrow{-NH^3} PN^2H \xrightarrow{-NH^3} P^3N^5 \xrightarrow{-N^2} (PN)^n$$

Il est intéressant d'observer que le paranitrure $(PN)^n$ constitue le composé final commun à une double série de transformations dans lesquelles les produits intermédiaires se correspondent terme à terme. La première dérive du trichlorure PCl^3, et trouve son équivalent dans la série antérieurement étudiée du pentachlorure PCl^5.

PÉTROGRAPHIE. — *Des relations qui existent entre les roches gneissique, granitique et rhyolitique du Djebel Arous au nord de Ménerville (Algérie).* Note [1] de M. **Louis Royer.**

1. Il y a au Djebel Arous et dans la région qui lui fait suite vers le nord une série de roches de types différents, gneiss, granite, rhyolites, dacites qui montrent des analogies frappantes dans leurs compositions minéralogique et chimique.

Ainsi la roche dite granite de Ménerville qui est en réalité une diorite quartzifère a les mêmes paramètres magmatiques que les dacites du Cap Blanc à tel point que Duparc, Pearce et Ritter [2] voient dans ces dacites la forme effusive du magma qui a donné naissance au granite de Ménerville.

D'autre part, les gneiss et rhyolites de cette région présentent les mêmes caractères minéralogiques et chimiques; leurs paramètres sont identiques. Ces deux roches sont en tant que magma plus acides et plus alcalines que le granite de Ménerville.

Ces conditions établies, il reste à indiquer comment se présente sur le terrain les contacts entre ces différents types de roches.

2. Le contact gneiss-granite s'observe assez bien à l'est du douar des Oulad Abbes entre le douar et le flanc sud de la hauteur 422. Dans le voisinage du granite, le gneiss a été profondément transformé. De nombreuses apophyses de magma granitique pénètrent dans les gneiss qu'elles injectent et transforment en une migmatite composée d'un mélange intime de gneiss et de microgranite. En plus, le contact est jalonné par une brèche noirâtre dont certains éléments au moins ont subi une fusion; par endroits l'action du magma granitique sur le gneiss encaissant a donné naissance à la formation d'oxydes de fer et de manganèse.

(1) Séance du 25 janvier 1937.

(2) *Mémoires de la Société de Physique et d'Histoire naturelle de Genève*, 33, 1900, p. 137.

Sans entrer dans plus de détails, il me semble hors de doute que le granite de Ménerville est en massif dans les gneiss; c'est un granite intrusif postérieur aux gneiss et dont la mise en place est indépendante des phénomènes de métamorphisme qui ont donné naissance aux gneiss encaissants. Il ne constitue pas non plus un granite d'anatexie dont le magma dériverait des gneiss.

3. Le contact entre la rhyolite et le granite de Ménerville se fait à l'Ouest du Mont S. Feredj par une brèche volcanique qui renferme noyés dans un ciment rhyolitique des fragments de granite. Ces blocs de granite qui atteignent fréquemment des dimensions notables peuvent être anguleux, mais le plus souvent ils affectent cette forme en « boules » qui caractérise de nos jours les produits de décomposition superficielle du granite de Ménerville. Il paraît donc fort probable que, lors des éruptions rhyolitiques, la région en étude était déjà jonchée de ces boules provenant de l'altération du granite et que ces boules ont été incorporées aux coulées de rhyolites. La rhyolite n'a d'ailleurs exercé aucune action sur le granite; dans les brèches, on passe sans transition du granite franc à la rhyolite sans que l'on puisse observer une zone intermédiaire résultant d'un métamorphisme de contact.

4. Il y a peu de choses à dire en ce qui concerne le contact des rhyolites et des gneiss. On trouve fréquemment des lambeaux de roches métamorphiques en enclaves dans la rhyolite sans que gneiss et micaschistes aient subi la moindre transformation. Et cela se conçoit aisément; en effet ces roches métamorphiques appartiennent à des zones profondes du terrain cristallophyllien; elles se trouvent donc de ce fait déjà en équilibre minéralogique aux températures auxquelles elles ont pu être soumises au sein de la rhyolite en voie d'épanchement. Tout au plus peut-on noter par endroits un enrichissement du schiste en paillettes de biotite au contact de la roche volcanique. En d'autres points, le schiste, tout en gardant sa composition minéralogique originelle, a été imprégné de silice, empruntée vraisemblablement à la rhyolite, ce qui lui confère une sorte de glaçure.

5. En ce qui concerne l'âge relatif de ces diverses roches, on voit d'après les conditions énumérées ci-dessus que la rhyolite est la plus récente de toutes, elle renferme des fragments de granite et de gneiss. A en juger d'après les sédiments datés qui ont été affectés par l'éruption rhyolitique, son âge est miocène. Le granite de Ménerville est plus ancien que la rhyolite et plus récent que le gneiss qu'il injecte. Comme on retrouve des blocs de granite de Ménerville dans le conglomérat oligocène de la vallée

de l'Oued Aoudja, le granite est au plus oligocène, mais rien ne s'oppose à ce qu'il soit plus ancien, éocène ou même crétacé. En tous les cas, sa mise en place est antérieure à l'éruption de la dacite du Cap Blanc, bien que granite et dacite possèdent des paramètres identiques. Quant aux gneiss, leur âge est vraisemblablement très ancien comme tend à le démontrer une propriété qui fera l'objet d'une Note ultérieure.

GÉOLOGIE. — *L'interprétation rationnelle des* spectres *de tamisage des sédiments sableux et la signification géologique des diagrammes.* Note de M. **André Rivière**, présentée par M. Lucien Cayeux.

On a longtemps restreint l'étude granulométrique des sables à l'évaluation globale de leur degré de finesse et une série très réduite de tamis y suffisait. Les recherches écologiques de M. Prenant (1) ont montré que l'emploi de tamis plus nombreux et de module (rapport des dimensions de maille de deux tamis consécutifs) relativement faible était susceptible de révéler des particularités insoupçonnées de la constitution des sables. A la suite de ces travaux d'autres auteurs ont utilisé avec succès une technique similaire pour la résolution de problèmes locaux de sédimentation (2).

Jusqu'ici toutefois, la traduction graphique des résultats est restée purement empirique et l'on peut dire que les diagrammes généralement présentés dépendent autant des rapports métriques des séries de tamis utilisées que de la constitution elle-même des sédiments (exception faite pour les courbes de seconde catégorie présentées par M. Prenant, mais celles-ci sont géologiquement peu parlantes et pratiquement inutilisables en dehors des fins particulières poursuivies par l'auteur).

Il m'a paru assez facile d'éviter cet inconvénient susceptible de vicier profondément les résultats de toute recherche d'ordre général. Soit m la masse du sable franchissant un tamis de dimension de maille x, m est fonction pratiquement continue de x et l'on peut écrire $m = f(x) = \int_0^x dm/dx$, fonction représentée par l'aire de la courbe $y = dm/dx$.

Cette courbe est susceptible d'une construction approchée à partir des

(1) *Archives de Zoologie expérimentale et générale*, Volume jubilaire, 74, 25 novembre 1932, p. 581.

(2) L. Bourcart, *Travaux inédits*.

données du tamisage. Cette opération est effectuée en allant des tamis les plus gros aux plus fins. Soient x_1 et x_2 les dimensions de maille de deux tamis consécutifs avec $x_1 > x_2$, Δm la masse de sable traversant x_1 et arrêtée sur x_2; appelant maille moyenne $x_m = (x_1 + x_2)/2$ et en posant $\Delta x = x_1 - x_2$, on portera en abscisses les valeurs successives de x_m et en ordonnées les valeurs correspondantes de $y = \Delta m/\Delta x$. La courbe expérimentale ainsi obtenue a pour limite la courbe théorique précédemment définie. Elle s'en écarte d'autant moins que les intervalles $x_1 - x_2$ sont plus petits.

L'expérience montre que les valeurs de y varient dans des proportions considérables (de l'ordre de 1 à 1000) et la réalisation correcte des courbes est pratiquement impossible dans les formats usuels. On peut tourner cette difficulté par l'emploi des coordonnées logarithmiques, mais les diagrammes cessent d'avoir une interprétation simple et, en particulier, les aires ne sont plus proportionnelles aux masses. On peut respecter cette condition par l'emploi des coordonnées polaires : s étant l'aire d'une courbe limitée par deux rayons, on a, $ds = 1/2r \times r \times d\omega$, d'où $r = \sqrt{2(ds/d\omega)}$. On prendra des valeurs de ω (en radians) proportionnelles à x; pour que les valeurs des aires soient proportionnelles aux masses, il suffira de choisir pour le rayon r des longueurs proportionnelles à $\sqrt{dm/d\omega}$.

Comme dans le premier cas, on substituera à la courbe théorique une courbe approchée construite par points. Sur un cercle on trace des rayons faisant avec le rayon origine des angles proportionnels aux différentes valeurs de x_m, le rapport de proportionnalité étant tel qu'aucun de ces angles ne soit supérieur à 2π. Sur les rayons, on porte des longueurs proportionnelles à $\sqrt{\Delta m/\Delta x}$. Dans mes recherches le rapport adopté a été $1/3$, les Δm étant rapportés à 100^g de sédiment et les dimensions de mailles évaluées en millimètres. Les calculs se font très vite, à la règle, grâce à des feuilles de calcul préparées à l'avance (comme d'ailleurs les graphiques) et comportant les colonnes suivantes

N° de tamis	Maille moyenne	Δx	Δm	Δm %	$\frac{\Delta m\ \%}{\Delta x}$	$\sqrt{\frac{\Delta m\ \%}{\Delta x}}$	$\frac{1}{3}\sqrt{\frac{\Delta m\ \%}{\Delta x}}$	Observations

L'application correcte de la méthode demande quelques précautions :

1° une bonne exécution du tamisage : outre les précautions indiquées par M. Prenant ([3]), il convient de remédier au colmatage en éliminant, à

([3]) *Op. cit.*, p. 583 et suiv.

plusieurs reprises, si nécessaire, les grains qui tendent à se coincer dans les mailles et à les obturer, faussant irrémédiablement les résultats du tamisage (si prolongé soit-il).

2° l'étude minutieuse des toiles métalliques utilisées (les dimensions portées aux catalogues n'étant que grossièrement approchées); il importe surtout d'éliminer celles qui sont trop irrégulières.

Ce procédé d'étude granulométrique a été appliqué à des sédiments nombreux et d'origines très variées. Dès le début j'ai pu constater que les actions sélectives subies par les sables s'inscrivaient d'une manière frappante dans les formes des diagrammes. Ceux-ci se classent en familles correspondant aux diverses origines et, dans chacune d'elles, on peut reconnaître des termes plus ou moins avancés de l'évolution sédimentaire, les plus évolués présentant naturellement les diagrammes les plus caractéristiques.

Actuellement j'ai étudié les familles sédimentaires suivantes : sables fluviatiles, sables continentaux et dunaires, sables marins littoraux. Les diagrammes caractéristiques ont été établis ainsi que les grandes lignes de l'évolution des différents groupes.

Cette méthode paraît susceptible d'apporter un appoint considérable à l'étude des formations sableuses des séries stratigraphiques; elle permet non seulement d'en préciser l'origine parfois indécise, mais encore d'en suivre l'évolution latérale. L'application aux sables pétrolifères semble particulièrement indiquée.

OCÉANOGRAPHIE. — *Dosage du lithium dans l'eau de mer.* Note de MM. **Jacques Bardet**, **Arakel Tchakirian** et Mlle **Raymonde Lagrange**, présentée par M. Georges Urbain.

Dès le milieu du XIXe siècle, E. Marchand [1] signale la présence du lithium dans l'eau de mer et évalue sa teneur à $0^{mg},43$ lithine (Li^2O ?) par litre d'eau. Depuis, de nombreux auteurs ont décelé ce métal, par analyse chimique ou spectroscopique, dans l'eau des océans, mais, à notre connaissance, peu d'entre eux ont effectué des déterminations quantitatives. Kirchhoff et Bunsen [2]; A. Dupré et F. Dupré [3],

(1) *Comptes rendus*, 88, 1879, p. 1084.
(2) *Pogg. Ann.*, 1109, 1860, p. 172.
(3) *Phil. Mag.*, 4, 20, 1860, p. 373.

Dieulafait ([4]), de Lucas ([5]), Quinton ([6]), Bossuet ([7]), B. D. Thomas et Thomas G. Thompson ([8]) ($0^{mg},1$ lithium par litre). Il nous a paru intéressant de déterminer le lithium dans l'eau de mer, suivant la méthode couramment appliquée, par le Laboratoire d'hydrologie analytique de l'Institut d'hydrologie ([9]), au dosage du lithium dans les eaux minérales et que nous avons cherché à adapter aux conditions très spéciales créées par la composition du milieu.

Nous avons opéré sur deux cents litres d'eau de mer, prélevée au large de Roscoff, dans les couches superficielles, vers la fin du mois d'août.

La séparation du lithium a été effectuée en plusieurs stades : une série de cristallisations après légère acidulation chlorhydrique a fourni six litres d'eaux-mères sur lesquelles ont été effectuées les séparations chimiques proprement dites. Une première suite d'opérations : élimination de la magnésie par la soude; précipitation de l'ion sulfurique par le chlorhydrate de benzidine; des chlorures alcalins par HCl concentré, a permis une concentration du lithium dans les liqueurs filtrées. Celle-ci a été poussée plus loin par une nouvelle élimination de magnésium, cette fois par un lait de chaux, de calcium par la carbonate d'ammonium en solution ammoniacale et des sels ammoniacaux par calcination.

Toutes ces séparations, imparfaites en raison des quantités mises en œuvre, ont permis de réduire l'eau à un volume tel que les opérations analytiques devenaient réellement efficaces. On a pu alors éliminer les traces de calcium par l'oxalate d'ammonium ammoniacal, celles de sulfate par le chlorhydrate de benzidine, le magnésium par l'oxyquinoléine, les chlorures de sodium et de potassium par l'acide chlorhydrique gazeux.

Finalement le chlorure de lithium a été séparé des dernières traces de chlorures de sodium et de potassium par l'alcool amylique en présence de pyridine, qui facilite l'élimination d'eau par distillation. Le lithium a été transformé en sulfate et pesé. La pureté en a été vérifiée par examen spectrographique.

Au cours du travail de séparation dont nous n'avons indiqué que les

---

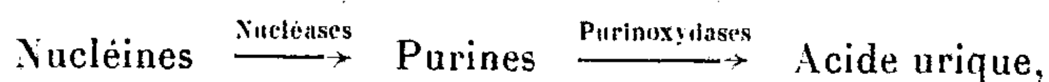
([4]) *Comptes rendus*, 88, 1879, p. 656; 94, 1882, p. 1352.
([5]) *Gazz. chim. ital.*, 10, 1880, p. 46.
([6]) *L'eau de mer, milieu organique*, 1904 et 1912.
([7]) *Comptes rendus*, 199, 1934, p. 131.
([8]) *Science*, 77, 1933, p. 547.
([9]) *Annales de l'Institut d'Hydrologie et de Climatologie*, 3, 1925, p. 157-221; 5, 1927, p. 69-122; 7, 1930, p. 1-65; 10, 1935, p. 1-42.

grandes lignes, toutes les précipitations ont été répétées autant de fois qu'il était nécessaire pour que le lithium ne soit plus décelable par examen spectroscopique de l'insoluble. Lorsqu'un précipité nous a paru trop volumineux pour que l'examen spectroscopique nous semble suffisant nous avons *a priori* répété les précipitations. Les résidus de calcination ont toujours été vérifiés.

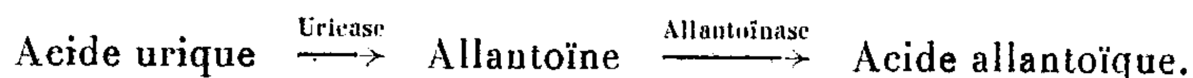
Nous avons ainsi trouvé que l'eau de mer examinée contenait $0^{mg},17$ de lithium par litre.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Évolution de l'azote purique au cours de la germination.* Note de M. **Paul De Graeve**, présentée par M. Richard Fosse.

L'acide urique, découvert chez les végétaux supérieurs par MM. R. Fosse, P. E. Thomas et P. De Graeve ([1]), a sa place bien définie dans l'évolution de l'azote purique. En effet l'acide urique dérive des nucléines :


Nucléines $\xrightarrow{\text{Nucléases}}$ Purines $\xrightarrow{\text{Purinoxydases}}$ Acide urique,

il est lui-même l'origine de l'allantoïne et de l'acide allantoïque (R. Fosse, A. Brunel, P. De Graeve, P. E. Thomas) :


Acide urique $\xrightarrow{\text{Uricase}}$ Allantoïne $\xrightarrow{\text{Allantoïnase}}$ Acide allantoïque.

Nous avons cherché, dans ce travail, à mettre en évidence les variations de la teneur des graines en acide urique, allantoïne et acide allantoïque, au cours de la germination.

Technique. — Les germinations ont été faites : *a.* soit à l'obscurité, aseptiquement; *b.* soit à la lumière, à la température ordinaire, dans des assiettes poreuses constamment humectées d'eau de source; *c.* soit enfin en pleine terre dans les serres du Muséum.

Pour les germinations aseptiques, nous avons utilisé des tubes de verre de 25^{cm} de long et de $2^{cm},5$ de diamètre contenant des perles de verre sur une hauteur de 3 à 4^{cm}; de l'eau distillée est introduite jusqu'à un niveau légèrement supérieur à celui des perles; les tubes sont bouchés d'un tampon de coton et portés en autoclave 20 minutes à 120°. Les graines, préalablement lavées, sont immergées 5 minutes dans une solution de bichlorure de

(1) *Comptes rendus*, 194, 1932, p. 1408, et 195, 1932, p. 1198.

mercure à 2 pour 1000, puis lavées 10 fois à l'eau stérilisée. On introduit aseptiquement dans chaque tube 5 à 6 graines et l'abandonne à température constante.

Malgré ces précautions, quelques tubes sont contaminés et éliminés aussitôt; de plus, dans les tubes exempts de contamination, nous n'avons pris que les graines germées. Pour les déterminations, les graines ou les plantules sont retirées, lavées, essorées entre deux feuilles de papier-filtre; elles sont ensuite séchées dans le vide sur chlorure de calcium jusqu'à ce que le végétal soit devenu assez dur et cassant pour donner une poudre homogène après broyage. C'est sur cette poudre que les dosages sont effectués y compris celui de l'humidité restante.

Dosages. — Les dosages ont été faits, pour l'azote total, par la méthode de Kjehldahl, pour l'allantoïne et l'acide allantoïque par les méthodes spectrophotométriques très sensibles décrites par R. Fosse, A. Brunel et P. E. Thomas ([2]). L'acide urique a été évalué approximativement à l'aide d'une nouvelle méthode très sensible.

RÉSULTATS. — *Germination du Trèfle violet* (Trifolium sativum). — Cette expérience a été faite aseptiquement, à l'obscurité, à 18°. Azote total pour 100g de graines sèches : 7,0.

	Grammes d'uréides pour 1000 grammes de graines sèches.		
Temps.	Acide urique approximatif.	Allantoïne.	Acide allantoïque.
0	0,60	0,074	0,107
3 jours	0	0,260	1,32
5 »	0	2,34	4,66
7 »		2,04	6,60
10 »		1,52	8,0

Germination du Mélilot de Sibérie (Melilotus officinalis). — Cette expérience a été faite à l'air libre, à la lumière, à température ordinaire (18°).

	Grammes d'uréides pour 1000 grammes de plante sèche.		
Temps.	Acide urique approximatif.	Allantoïne.	Acide allantoïque.
0	0,52	0,300	0,190
3 jours	0	0,806	0,700
6 jours	0	0,286	1,02

Conclusions. — Il ressort de ces expériences et d'autres que nous publierons d'autre part que des modifications chimiques se sont produites

([2]) *Comptes rendus*, 192, 1931, p. 1615 et, 193, 1931, p. 7.

avant même l'apparition de la plantule (³). D'autre part, et d'une façon générale pour la famille des Légumineuses, l'acide urique disparaît rapidement, la teneur en allantoïne croît d'abord, passe par un maximum pour décroître ensuite; finalement l'azote purique passe sous forme d'acide allantoïque qui ne cesse de s'accumuler. L'azote de l'acide allantoïque peut atteindre dans certains cas jusqu'à près de 9 pour 100 de l'azote total.

HISTOLOGIE. — *Éléments principaux de l'architecture myocardique chez les Lamellibranches.* Note de MM. **Robert Brunet** et **Antoine Jullien**, présentée par M. Félix Mesnil.

Alors qu'il est relativement aisé chez les Gastéropodes, où la disposition du cœur reste à peu près constante, d'établir, pour le ventricule notamment, une systématisation progressive des travées en deux systèmes dont l'un (les *éventails*) devient prédominant (Hélicidés), il est impossible chez les Lamellibranches, où la forme du cœur est très variable, de suivre chez les diverses espèces l'évolution d'un type unique d'agencement des travées. Mais on peut essayer de déterminer, d'après les structures individuelles observées, les différentes modalités suivant lesquelles s'ordonnent les groupements de travées, leur sens, leur étendue, la puissance des travées maîtresses, l'importance des zones myocardiques indifférenciées et de prendre l'ensemble de ces caractères comme critère du perfectionnement architectural. Nous avons étudié les espèces suivantes : *Gryphæa angulata* Lmk., *Ostrea edulis* L., *Anodonta cygnæa* L., *Unio batavus* Lmk., *Pinna nobilis* L., *Pecten jacobæus* L., *Venus gallina* L., *Mytilus edulis* L. et *Mytilus galloprovincialis* Lmk.

Pour ce qui est de l'oreillette, la différenciation est faible; seules quelques travées, qui naissent du point d'abouchement de la veine branchiale et qui se dirigent vers l'orifice auriculo-ventriculaire (*Anodonta cygnæa*, *Venus gallina*) en donnant parfois des arborisations (*Pecten jacobæus*), tranchent sur un réseau à mailles incomplètement délimitées et plus ou moins masquées par les cellules des glandes péricardiques disséminées dans la paroi ou tapissant une partie de sa surface externe. Les pilliers, lorsqu'ils existent (*Pecten jacobæus*, *Venus gallina*), sont de même orientation.

Le ventricule est plus complexe; cependant il peut y avoir absence de

(³) R. Bonnet, *Bull. Soc. Chimie biol.*, 11, 1929, p. 1025; E. F. Terroine, R. Bonnet et P. H. Joessel, *Bull. Soc. Chimie biol.*, 6, 1924, p. 357 à 392.

toute systématisation; c'est le cas chez *Gryphæa angulata* au réseau régulier, dense, nettement dessiné. En général, la différenciation est partielle (*Ostrea edulis*, *Unio batavus*, *Pinna nobilis*, *Anodonta cygnæa*, *Pecten jacobæus*) et le plus souvent subégale sur les deux faces.

Dans cette catégorie, les travées maîtresses se disposent en faisceaux qui, à partir des orifices auriculo-ventriculaires, divergent en se ramifiant en direction des aortes ou en formations parallèles élargies, unissant les jonctions auriculo-ventriculaires (*Ostrea edulis*, *Anodonta cygnæa*, *Mytilus edulis*, *Mytilus galloprovincialis*, *Pinna nobilis*, *Pecten jacobæus*). *Unio batavus* offre un type très spécial; les travées s'agencent en rosaces dont les centres sont régulièrement répartis sur des lignes joignant les orifices auriculo-ventriculaires aux points d'émergence des aortes; les branches internes, les plus longues, s'étalent en rayonnant et en s'entre-croisant.

Les travées constitutives de ces diverses formations sont à peine esquissées par des traînées punctiformes chez *Mytilus edulis* et *Mytilus galloprovincialis*; elles sont ténues et à contours flous chez *Ostrea edulis*, fines et nettement marquées chez *Anodonta cygnæa* et à la face dorsale de *Pecten jacobæus*; leur diamètre augmente chez *Unio batavus* et à la face ventrale de *Pecten jacobæus* pour devenir très gros chez *Pinna nobilis*.

Chez les types précédents, des zones plus ou moins étendues de myocarde restent à l'état de réseau homogène; c'est la périphérie chez *Unio batavus* ou, le plus généralement, les extrémités antérieure et postérieure (*Anodonta cygnæa*, *Mytilus galloprovincialis*, *Pinna nobilis*). L'examen de la cavité ventriculaire a révélé en outre l'existence de piliers chez deux des Mollusques observés, *Ostrea edulis* et *Unio batavus*.

La systématisation est totale chez *Venus gallina* où de puissantes travées rayonnent jusqu'à la périphérie à partir de pôles situés aux abords des jonctions auriculo-ventriculaires mettant en liaison intime les points précédents avec les divers niveaux du ventricule.

En résumé, dans l'oreillette des Lamellibranches, s'ébauche une faible différenciation par l'apparition de travées orientées de l'abouchement de la veine branchiale vers le sillon auriculo-ventriculaire; dans le ventricule, elle est plus affirmée tout en restant le plus souvent partielle. Elle se caractérise par des formations en faisceaux divergents ou parallèles à dessin variable tendant à créer une solidarité plus étroite entre des zones de myocarde de plus en plus étendues, en particulier entre les jonctions auriculo-ventriculaires et les orifices aortiques. Or les contractions des deux étages du cœur ont pour résultante l'écoulement de l'hémolymphe du

vaisseau afférent vers les orifices auriculo-ventriculaires dans les oreillettes et, en ce qui concerne le ventricule, entre ces derniers et les orifices des vaisseaux afférents. On peut donc considérer les agencements de travées axés suivant ces directions comme des perfectionnements structuraux qui tendent à faciliter et à accélérer la contraction cardiaque précisément dans le sens, que nous venons de définir, où s'effectue la progression de l'hémolymphe.

PHYSIOLOGIE. — *Influence du déséquilibre alimentaire aigu d'origine glucidique sur la composition du muscle du pigeon.* Note de MM. **Raoul Lecoq** et **Roger Duffau**, présentée par M. Emmanuel Leclainche.

Nous avons donné la composition normale du muscle de pigeon soumis à un régime naturel varié ([1]). Par ailleurs, étudiant les principales substances qui participent, dans le muscle du pigeon, au métabolisme des glucides, l'un de nous a montré que les crises de polynévrite, dues à l'avitaminose B totale, s'accompagnent d'une imprégnation lactique importante du tissu musculaire et d'une augmentation du taux des composés réducteurs glucidiques, des orthophosphastes et du phosphore total acidosoluble ([2]). Ces faits sont en accord avec la production de crises de polynévrite par déséquilibre alimentaire, chez des pigeons recevant une ration équilibrée et complète, simplement additionnée de 10 pour 100 d'acide lactique ([3]).

On était en droit de se demander si l'on constaterait également une imprégnation musculaire lactique après ingestion d'un régime glucidique profondément déséquilibré, mais ne comportant pas d'adjonction d'acide lactique. A cet effet, l'emploi d'une ration à 66 pour 100 de galactose ([4]), productrice de déséquilibre alimentaire aigu, préconisée dès 1927 par Mme Randoin et Lecoq, nous a paru plus spécialement indiqué. Cette ration entraîne la mort des sujets en 6 à 15 jours au milieu de crises polynévritiques particulièrement dramatiques, malgré l'addition quotidienne de doses de levure élevées, atteignant 2 ou même 4^g^. On sait que ce déséqui-

([1]) *C. R. Soc. Biol.*, 122, 1936, p. 180.
([2]) R. Duffau, *Comptes rendus*, 204, 1937, p. 192.
([3]) R. Lecoq, *Comptes rendus*, 202, 1936, p. 1304.
([4]) *Comptes rendus*, 185, 1927, p. 1068.

libre alimentaire provoque, ainsi que l'avitaminose B totale, une chute du quotient respiratoire et une exagération du métabolisme de base ([5]).

Nous avons utilisé 8 pigeons adultes de 350g environ, auxquels nous avons donné, par gavage, 4g de levure de bière desséchée, source éprouvée de vitamines B, et 20g d'une ration synthétique composée de : caséine purifiée, 6 ; fibrine purifiée, 5 ; ovalbumine purifiée, 5 ; graisse de beurre, 4 ; galactose pur, 66 ; mélange salin d'Osborne et Mendel, 4 ; agar-agar, 8 ; papier filtre, 2.

Nous nous sommes proposé d'examiner les variations de la composition du muscle, en fonction de la durée du régime, les animaux étant tués volontairement soit en état de crise, soit en l'absence de crises polynévritiques. Nos pigeons ont ainsi été sacrifiés au bout de 2, 4, 5 ou 6 jours et les masses musculaires pectorales furent prélevées et analysées au moyen des techniques préconisées antérieurement par l'un de nous ([6]). Les résultats obtenus, groupés dans le tableau ci-après, sont exprimés en milligrammes pour 100g de muscle frais, les dérivés phosphoriques étant calculés en phosphore ; nous avons joint, à titre de comparaison, les moyennes précédemment obtenues sur des pigeons normaux au régime naturel varié (mélange de graines) et sur des pigeons en avitaminose B totale (régime synthétique à 66 pour 100 de glucose sans levure).

	Pigeons au régime naturel (moyennes).	Pigeons en avitamin. B totale (moyennes)	Pigeons au régime à 66 pour 100 de galactose complété par 4g de levure.							
N° des pigeons	-	-	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.
Durée du régime	-	-	2 j.	2 j.	4 j.	4 j.	5 j.	5 j.	6 j.	6 j.
Dosages effectués sur le muscle (en milligrammes pour 100g).										
Composés réducteurs glucidiques totaux	143	216	204	170	196	227	195	348	364	268
Acide lactique	220	248	286	260	273	260	323	356	337	276
Orthophosphates	85	124	95	75	79	119	98	131,5	98	126
Acide créatine-phosphorique	12	6,5	3,5	10	9,9	10	6	10	9	19
Acide adénylpyrophosphorique	27	22	15,5	20	22,1	18	21	20	21	15
Esters facilement hydrolysables	18	19,7	18	19	17	20	19	21	20	22
Phosphore total acido-soluble	173	224	161	171	177	216	179	240	187	257

Les sujets nos 1 et 2 ont présenté de la parésie des pattes sans crises

([5]) R. Lecoq et J. M. Joly, *Comptes rendus*, 202, 1936, p. 1709.

([6]) R. Duffau, *Bull. Sc. pharmacol.*, 43, 1936, p. 577.

typiques; les n[os] 3, 6 et 8 ont été sacrifiés à distance des crises; les n[os] 4, 5 et 7, par contre, ont été tués en pleine crise de polynévrite.

Interprétation des résultats et conclusions. — Les variations observées d'un animal à l'autre montrent la différence de sensibilité de l'organisme des pigeons au déséquilibre alimentaire.

On observe dans le déséquilibre alimentaire d'origine glucidique, comme dans l'avitaminose B totale, une imprégnation lactique importante du tissu musculaire et une augmentation du taux des composés réducteurs glucidiques, des orthophosphates et du phosphore total acido-soluble. L'augmentation du taux d'acide lactique est nettement plus importante dans le déséquilibre alimentaire glucidique aigu que dans l'avitaminose B totale, spécialement dans les jours qui précèdent la mort. L'augmentation des composés réducteurs glucidiques totaux apparaît également plus élevée, car elle ne se trouve pas sous la dépendance d'un régime glucidique prolongé.

Le déséquilibre alimentaire glucidique aigu provoque aussi une baisse rapidement appréciable de l'acide adénylpyrophosphorique.

Si l'apparition des crises polynévritiques semble en rapport avec l'accumulation d'acide lactique dans les tissus, elle ne paraît cependant pas en relation avec une exagération momentanée de son taux.

SÉROLOGIE. — *Sur la propriété anticorps de la protéine visqueuse des sérums hémolytiques antimouton.* Note de MM. **P. G. Charpentier**, **Maurice Doladilhe** et **Charles Morel**, présentée par M. F. Mesnil.

L'un de nous a fait connaître [1] l'existence dans le sérum sanguin d'une *protéine visqueuse*, douée de propriétés particulières et la méthode qui permet la séparation de cette substance.

Si la protéine visqueuse provient d'un *sérum hémolytique antimouton*, préalablement inactivé, elle est capable de sensibiliser les globules rouges de mouton à l'action hémolytique d'une alexine de sérum de cobaye, ou même de mouton. L'expérience suivante le prouve nettement.

En modifiant légèrement la méthode d'extraction exposée antérieurement, on précipite par l'action des ions H la protéine visqueuse et les globulines dans un volume V de sérum antimouton inactivé, préalablement

[1] Doladilhe, *Comptes rendus*, 203, 1936, p. 1295.

dialysé. Le précipité est collé au fond d'un tube par une centrifugation à grande vitesse; après décantation du liquide surnageant, on verse avec précaution sur le précipité un volume V d'eau physiologique qui dissout rapidement les globulines; la protéine visqueuse restée au fond du tube est ensuite dispersée dans un volume V d'eau physiologique. On a ainsi, sous le même volume initial du sérum, une solution de ses globulines dans l'eau physiologique et sa protéine visqueuse dispersée dans l'eau physiologique.

On prépare trois séries semblables de six tubes; dans chacune, les tubes contiennent 1^{cm^3} d'une suspension d'hématies de mouton au 1/20e, puis des quantités croissantes d'une dilution au 1/20e de sérum frais de cobaye, et la quantité d'eau physiologique nécessaire pour amener dans tous les tubes le volume du liquide à $1^{cm^3},9$. Les tubes de la première série reçoivent en outre $0^{cm^3},1$ de sérum antimouton inactivé; ceux de la deuxième série $0^{cm^3},1$ de la protéine visqueuse dispersée; ceux de la troisième série $0^{cm^3},1$ de la solution de globulines. Tous les tubes sont mis à l'étuve à 37° et l'on note le nombre de minutes nécessaires pour l'hémolyse totale dans chacun d'eux. Le Tableau ci-dessous fait connaître les résultats obtenus.

Tubes	1.	2.	3.	4.	5.	6.
Suspension d'hématies (cm³)	1	1	1	1	1	1
Sérum de cobaye au 1/20e (cm³)	0,01	0,03	0,05	0,07	0,1	0,2
Eau physiologique (cm³)	0,89	0,87	0,85	0,83	0,8	0,7

Nombre de minutes nécessaires pour l'hémolyse totale.

1re série : sérum antimouton	65	58	49	36	25	15
2me série : protéine visqueuse dispersée	75	65	53	39	26	15
3me série : solution de globulines	pas d'hémolyse après trois heures					

L'hémolysine du sérum antimouton se trouve donc pour la plus grande partie dans la protéine visqueuse.

Une expérience d'un autre ordre en donne une nouvelle preuve. Un cobaye reçoit-il sous la peau une quantité convenable de protéine visqueuse extraite d'un sérum antimouton puis dispersée dans l'eau distillée, son sérum devient capable d'hémolyser les hématies de mouton sans le concours de sérum antimouton. La propriété hémolytique déjà manifeste après une seule injection l'est beaucoup plus après deux injections.

On fait sous la peau d'un cobaye de 350^g deux injections, à quarante-huit heures d'intervalle, de 1^{cm^3} de protéine visqueuse dispersée provenant d'un sérum antimouton; vingt-quatre heures après la seconde

injection, on prélève du sang par ponction cardiaque. On prépare 6 tubes contenant chacun $0^{cm^3},5$ d'une suspension d'hématies de mouton au 1/20e, des quantités croissantes de sérum du cobaye dilué au 1/2 avec de l'eau physiologique et l'on complète dans tous les tubes le volume du liquide à 2^{cm^3} avec de l'eau physiologique. On compte le nombre de minutes nécessaires pour l'hémolyse totale dans chaque tube. Le Tableau II donne les résultats observés.

Tubes	1.	2.	3.	4.	5.	6.
Suspension d'hématies (cm³)	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Sérum de cobaye au 1/20e (cm³)	0,01	0,03	0,05	0,1	0,2	0,3
Eau physiologique (cm³)	1,49	1,47	1,45	1,4	1,3	1,2
Nombres de minutes nécessaires pour l'hémolyse	105	68	60	52	40	28

L'injection de protéine visqueuse au cobaye a donc fait apparaître dans son sérum une propriété hémolytique, qui en était absente jusque là.

Ainsi la protéine visqueuse serait le support de la plus grande partie, sinon de la totalité, d'un anticorps, l'hémolysine. Il faut remarquer, en outre, que la méthode indiquée pour l'extraction de la protéine visqueuse laisse intact l'anticorps.

Une Note antérieure de l'un de nous a prouvé que la protéine visqueuse est le support de l'alexine : ainsi l'alexine et l'hémolysine seraient attachées à cette protéine et ceci pourrait expliquer pourquoi, dans l'hémolyse, un excès d'hémolysine peut compenser, dans une certaine mesure, une insuffisance d'alexine ou réciproquement.

BIOPHYSIQUE. — *Gélification des constituants sanguins.* Note (1) de M. **W. Kopaczewski**, transmise par M. Arsène d'Arsonval.

Nous avons démontré que la gélification du sérum sanguin par divers agents chimiques est due à sa richesse en protides hydrophobes (2). Or le plasma en contient plus que le sérum (fibrinogène); n'oublions pas, non plus, que les globules rouges sont riches en matières protéiques (7 pour 100 environ). Nous avons donc essayé de gélifier ces constituants sanguins.

(1) Séance du 1er janvier 1937.

(2) *Comptes rendus*, 198, 1934, p. 1172.

Technique expérimentale. — Les animaux utilisés (bœufs ou chevaux) n'ont subi ni de saignées, ni de traitements quelconques préalables. La saignée a été effectuée le matin, à jeun. Le sang était rendu non coagulable (7 jours à 5°C.) par addition soit d'oxalate de Na, soit de polyanéthosulfonate de Na en concentrations, respectivement, de 1,5 et 1 pour 1000. Aussitôt après le prélèvement, le sang a été centrifugé (10 minutes à 6000 tours par minute); on séparait ensuite le plasma des globules; chez le bœuf on récoltait 35 pour 100 de globules; chez le cheval 45 pour 100. On ramenait les globules séparés à concentrations correspondant à celle du sang, par addition, soit d'eau bidistillée, soit de NaCl à 9 pour 1000. Les produits ainsi obtenus ont été employés de 2 à 3 heures après.

Résultats. — Voici les résultats concernant le *plasma* :

Gélification du plasma du sang oxalaté de bœuf à 20° C.

Concentrations moléculaires finales des gélifiants.	Temps de gélification en minutes.		
	Acide lactique.	Acide chlorhydrique.	Soude caustique.
1,25	–	70	floculation
1,00	5	–	–
0,5	35	floculation	140
0,4	85	–	65
0,3	185	20	25
0,2	600	90	5
0,15	–	540	25
0,075	–	–	60

Si nous ajoutons à ces résultats le fait que les gels obtenus par addition de la soude caustique se liquéfient rapidement, on voit que nous retrouvons sur du plasma tous les faits signalés auparavant par nous sur du sérum-périodicité, réversibilité, doses optimales, etc. ([3]).

La gélification des *globules sanguins* présente quelques particularités intéressantes.

Il n'y a pas de différences marquées entre la rapidité de la gélification des globules en suspension dans NaCl à 9,0 pour 1000 et celle des globules laqués par addition de l'eau bidistillée; la libération des protides se fait, dans le premier cas, par l'action lytique des gélifiants. La gélification ne s'observe

([3]) Mlle Ir. Kopaczewska, W. Kopaczewski et St. Marczewski, *Comptes rendus*, 202, 1936, p. 1212 et 1716.

qu'avec une concentration globulaire déterminée : pour les globules de bœuf, l'optimum a été constaté pour la concentration à 20 pour 100; pour les concentrations plus faibles ou plus fortes, même en augmentant la dose de l'acide lactique, la gélification est tardive, partielle, ou même n'aboutit qu'à un stade d'épaississement. Les globules sanguins sont rapidement gélifiés par l'acide lactique à une concentration de ce dernier à peine deux fois plus forte que celle que l'on constate à l'état normal dans le sang :

Gélification des globules du sang oxalaté de bœuf à 20°C.

Concentrations moléculaires finales.	Temps de gélification en minutes.		
	Acide lactique.	Acide chlorhydrique.	Soude caustique.
0,02	pas de gélification	–	–
0,04	gélification partielle	–	–
0,08	2	–	–
0,12	0,5	5	700
0,16	–	0,5	–
0,32	15	–	pas de gélification
0,50	–	160	–
0,64	95	–	–
1,0	–	5	–
2,0	–	160	–

Comparons la rapidité de la gélification du *sérum*, additionné soit d'oxalate, soit de polyanéthosulfonate de Na, à la même dose que le plasma avec celle des autres constituants sanguins, chez le même animal (bœuf), par le même agent gélifiant (acide lactique en concentration finale 0,5 M), dans les mêmes conditions expérimentales.

Gélification des constituants sanguins à 20°C.

Globules à 20 pour 100	0,5	(minutes)
Plasma oxalaté	60	»
Sérum oxalaté	200	»

Remarques générales. — La rapidité de la gélification des divers constituants sanguins varie, dans les mêmes conditions expérimentales, d'une espèce à l'autre, et aussi, mais faiblement, d'un individu de la même espèce à l'autre. Il semble aussi que le plasma ou les globules additionnés de polyanéthosulfonate de Na se gélifient plus lentement que ceux additionnés d'oxalate de Na; du reste, l'addition du premier au sérum provoque une

floculation nette. Enfin chaque constituant réagit à sa manière à l'action de divers gélifiants : la gélification par la soude caustique, en particulier, est réversible et la liquéfaction du gel formé est parfois si rapide que la fixation précise du moment de la prise en masse est difficile.

Conclusions. — 1° Les constituants sanguins, tels que le plasma, les globules et le sérum sont gélifiés par les agents chimiques tels que la soude caustique, l'acide lactique ou chlorhydrique.

2° La gélification la plus rapide, dans les mêmes conditions expérimentales, est celle des globules sanguins.

3° Les globules sanguins en concentration analogue à celle du sang sont gélifiés par l'acide lactique à un taux à peine supérieur à celui que l'on trouve dans le sang à l'état normal.

A 16h35m l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à 17h.

E. P.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 15 FÉVRIER 1937.

PRÉSIDENCE DE M. EMMANUEL LECLAINCHE.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Secrétaire perpétuel** annonce à l'Académie que le tome 202 (janvier-juin 1936) des *Comptes rendus* est en distribution au Secrétariat.

M. le **Président** souhaite la bienvenue à M. **Antonio de Artigas**, Directeur du Centre de Perfectionnement de l'École d'Ingénieurs de Madrid et à M. **Arnold Frederik Holleman**, Correspondant pour la Section de Chimie, qui assistent à la séance.

M. **Léon Guillet** fait hommage à l'Académie d'une brochure intitulée *A la mémoire de* Henry Le Chatelier, 1850-1936.

M. **Georges Durand-Viel** fait hommage à l'Académie d'un numéro spécial du *Bulletin officiel du Yacht Club de France*, consacré à la mémoire de son ancien Président, notre regretté Confrère Jean-Baptiste Charcot.

Ce bulletin, édité avec grand soin, contient de nombreux articles des amis de Charcot, de ses collaborateurs, de ses compagnons de croisière, ainsi que le récit du naufrage du *Pourquoi-Pas?* première publication du rapport officiel établi pour le Ministre de la Marine. Il renferme aussi les comptes rendus des diverses cérémonies qui ont été organisées en souvenir des victimes de la catastrophe. Le texte est illustré par de nombreux dessins, plans et photographies.

Observations sur les Notes précédentes de MM. Destouches (1) *et* Appert (2), par M. **Jacques Hadamard.**

Ces deux Notes, quoique parues dans deux *Comptes rendus* successifs, doivent être considérées comme simultanées : leurs auteurs sont arrivés, tout à fait indépendamment l'un de l'autre, à des conceptions analogues.

Les dénominations employées sont différentes et appellent une observation générale : M. Destouches appelle *points contigus* ce que M. Appert nomme *points conjugués*. Cette dernière dénomination a pour elle de remonter au premier auteur, M. Linfield (elle a, par suite, été employée par M. Fréchet dans son Ouvrage sur les espaces abstraits). Il me paraît cependant essentiel d'y renoncer et de ne pas donner une acception de plus au qualificatif de *conjugués*, déjà employé si souvent, avec tant de significations totalement différentes, toujours susceptibles d'entrer éventuellement en conflit les unes avec les autres.

M. Appert emploie le mot *contigu* dans un sens autre au premier abord, il définit comme contigu à un ensemble E tout point qui appartient à la fermeture de cet ensemble. Mais (3) il n'y a pas là contradiction réelle avec la contiguïté telle que la considère M. Destouches. Il suffit, dans la théorie des espaces de Linfield, de définir la fermeture d'un ensemble E à l'aide de la contiguïté, cette fermeture contenant, par définition, tout point qui est contigu au moins à un point de E.

Dans ces conditions, le mot *conjugué* devient inutile et il y a tout avantage à le remplacer par le mot *contigu* qui est, lui, parfaitement à sa place parce qu'il évoque immédiatement, par lui-même, les propriétés essentielles de la notion dont il s'agit et, particulièrement, l'application heureuse qu'en fait M. Destouches au continu physique.

Nombreux sont les cas de ce genre où un même terme est employé dans plusieurs sens, sous le prétexte, insuffisamment fondé, que nulle équivoque ne peut s'ensuivre. Il me paraîtrait utile de nettoyer, à ce point de vue, la terminologie scientifique.

---

(1) *Comptes rendus*, 204, 1937, p. 219.
(2) *Comptes rendus*, 204, 1937, p. 323.
(3) Remarque dont je dois la communication à M. Appert lui-même.

PIÉZOÉLECTRICITÉ. — *Détermination de la surface d'une lame piézoélectrique en fonction de sa fréquence.* Note (¹) de MM. **Armand de Gramont** et **Daniel Beretzki**.

L'étude des propriétés piézoélectriques du quartz a jusqu'ici porté principalement sur le rôle joué par l'épaisseur de la lame et son orientation; nous avons par ailleurs attiré l'attention sur le contour à donner aux cristaux piézoélectriques et nous avons déterminé, en particulier, le contour isoélastique relatif à la taille Curie.

Pourtant l'expérience a montré que, même avec ce contour, on ne pouvait dépasser certaines fréquences : le cristal, quand son épaisseur diminue, se met difficilement en résonance, et enfin ne vibre plus.

Les arrachements périphériques que l'on constate quand l'amplitude de la vibration augmente, nous ont fait supposer que l'aire de la lame n'était pas sans influence sur le régime du cristal, en particulier aux très hautes fréquences.

Pour rechercher le rôle de l'aire de la lame sur son efficacité et sur la facilité avec laquelle elle entre en vibration, nous avons, dans différents angles de coupe, fait vibrer des lames de surfaces variables; nous nous sommes bornés à l'étude de lames circulaires ou carrées, car nous ne connaissions que les contours isoélastiques relatifs à la taille Curie.

Le problème a été abordé de deux façons; des lames de surface constante ont été amincies progressivement et d'autre part, la surface de lames d'épaisseur déterminée a été diminuée systématiquement en les laissant semblables à elles-mêmes.

Nous avons, pour chaque lame expérimentée, mesuré le rendement du cristal, c'est-à-dire la puissance exprimée en milliwatts HF par millimètre carré de quartz; cette puissance était mesurée au moyen d'un oscillateur à lampe fonctionnant dans des conditions bien déterminées; elle est portée en ordonnée sur les courbes des figures 1, 2 et 3.

La figure 1 représente l'ensemble du phénomène relatif à une lame circulaire de taille Curie; en abscisse est porté le rapport d/e du diamètre de la lame à son épaisseur. Chaque point représente la moyenne d'un certain nombre de mesures effectuées sur des quartz différents; les résultats fournis par ces cristaux étaient d'ailleurs entre eux très voisins.

(¹) Séance du 8 février 1937.

On voit que, pour une valeur d/e comprise entre 30 et 40, le rendement par unité de surface passe par un maximum; il diminue très rapidement quand ce rapport dépasse 50.

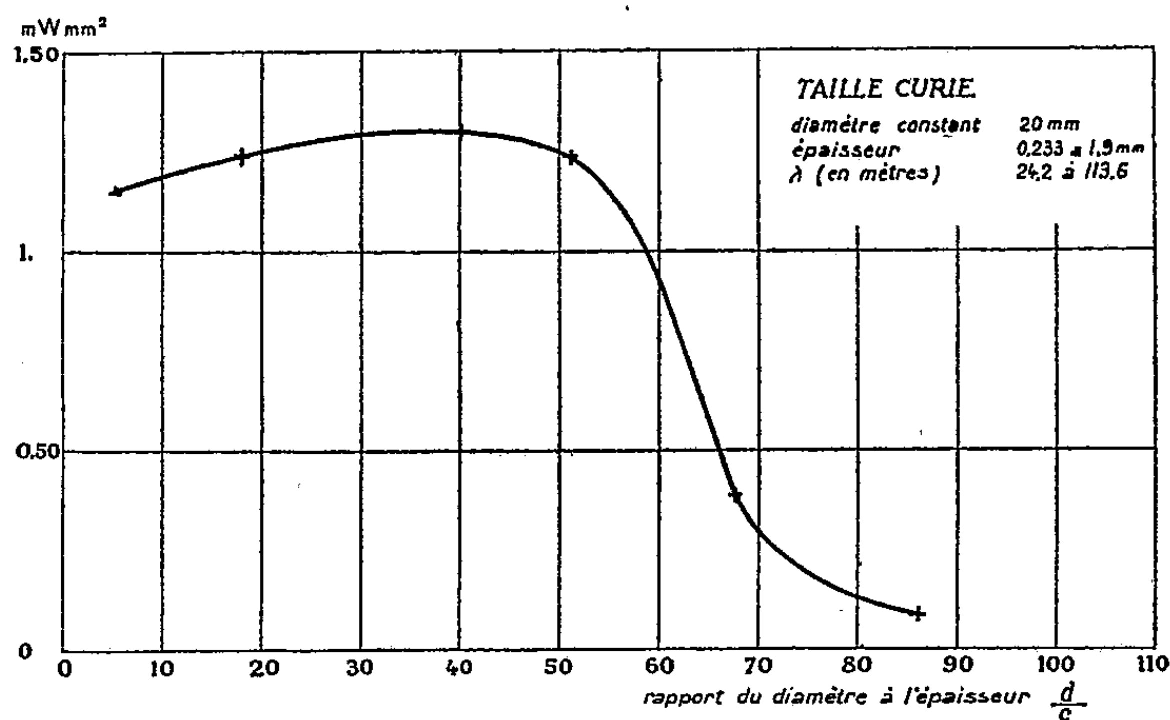


Fig. 1. — Puissance par unité de surface d'un quartz circulaire d'épaisseur variable.

Les figures 2 et 3 représentent le même phénomène relatif à la coupe AC

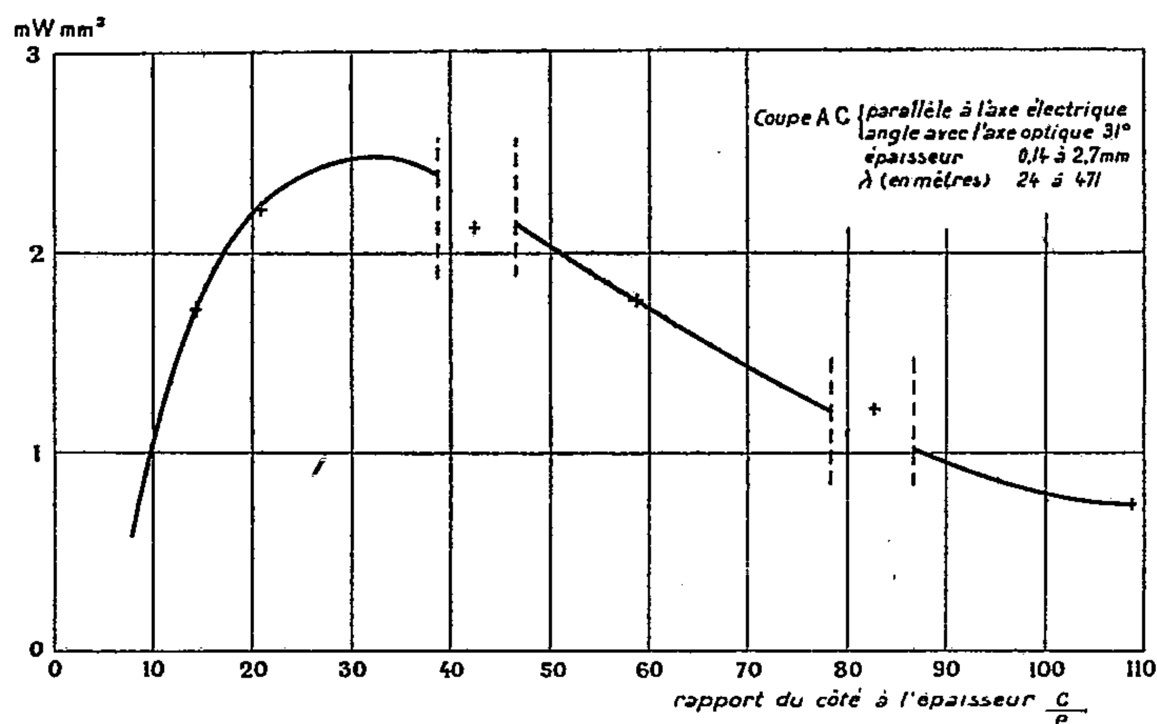


Fig. 2. — Puissance par unité de surface d'un quartz carré d'épaisseur variable.

(lame parallèle à l'axe électrique et faisant un angle de 31° avec l'axe optique) ([2]). Les lames utilisées étaient carrées; les abscisses représentent le rapport c/e du côté de la lame à son épaisseur.

([2]) Nous avons adopté la notation de F. R. Lack, G. W. Willard et I. E. Fair (*Bell System Technical Journal*, 13, n° 3, 1934, p. 453).

Dans ce cas encore, le rendement présente un maximum : il se trouve que ce maximum correspond à une valeur du rapport c/e voisine de 30, peu différente de celle que nous avons trouvée dans le cas précédent pour le

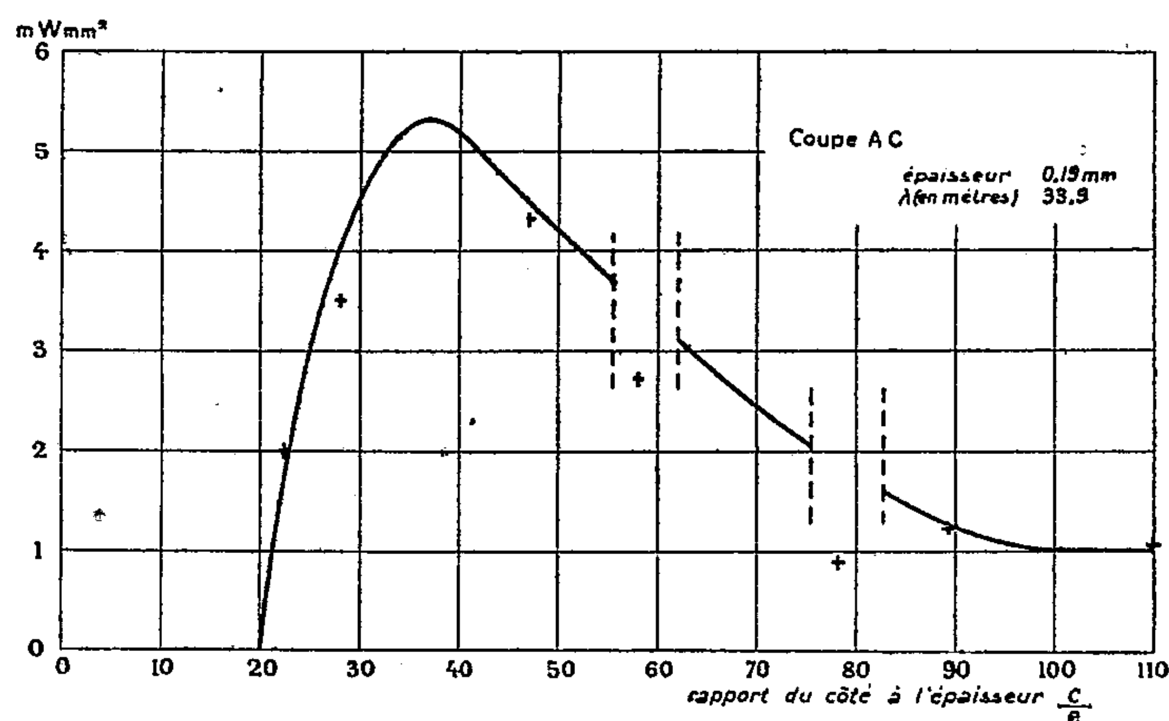


Fig. 3. — Puissance par unité de surface d'un quartz carré d'épaisseur déterminée et de surface variable.

rapport d/e. Le rendement du cristal varie d'une façon continue, sauf dans deux zones où le phénomène est troublé par des causes difficiles à déterminer.

Ces courbes expliquent pourquoi on ne peut faire vibrer des quartz de 2^{cm} ou 3^{cm} de diamètre, comme ceux que l'on employait jusqu'ici, sur de très hautes fréquences : si l'épaisseur de la lame est de l'ordre de 1/10 de millimètre, son côté ne doit être qu'environ 35 fois plus grand, c'est-à-dire ne pas dépasser $3^{mm},5$.

Comme conséquence de ces résultats, nous avons déjà pu avec des quartz de 2^{mm} de côté atteindre des fréquences de 50 millions de périodes par seconde, correspondant à une longueur d'onde de 6^{m}.

La facilité avec laquelle ces quartz de petite dimension entrent en résonance est due également à une autre cause : l'expérience a montré qu'une oscillatrice liée à un quartz, pour bien remplir son rôle aux hautes fréquences, devait présenter une capacité grille-cathode aussi faible que possible. D'autre part, on sait que la capacité du quartz et de ses électrodes ne doit guère dépasser le triple de la capacité grille-cathode; il y a donc intérêt à ce que la capacité du quartz et de ses électrodes soit faible, ce qui est précisément le cas des lames répondant aux conditions que nous venons d'indiquer.

Ainsi, pour une fréquence choisie, non seulement l'épaisseur de la lame est exactement déterminée, mais son aire doit être maintenue entre certaines limites, lesquelles ne semblent guère varier avec le contour choisi, du moins en première approximation.

Nous avons étudié le phénomène pour la coupe Curie et la coupe AC; il est sans doute général et étend dès à présent le domaine piézoélectrique du côté des ondes courtes. Comme d'autre part les bilames peuvent vibrer à raison de quelques périodes par seconde, on voit que le régime vibratoire du quartz couvre déjà plus de 20 octaves.

M. **Félix Mesnil** fait hommage à l'Académie d'un Ouvrage du Dr A. Sicé, du Corps de santé colonial, ancien directeur de l'Institut Pasteur de l'A. E. F., intitulé *La Trypanosomiase humaine en Afrique intertropicale* (1), dont il a écrit la *Préface*, en rappelant l'œuvre accomplie à Brazzaville par la longue et brillante lignée de médecins des troupes coloniales, qui se sont succédé à la direction de la filiale de l'Institut Pasteur.

M. **Alexandre Bigot** fait hommage à l'Académie d'une brochure intitulée *Un canon du naufrage de La Pérouse, rapporté par Dumont d'Urville et déposé au Musée de la Société des Antiquaires de Normandie.*

ÉLECTIONS.

M. **Selman Waksman** est élu Correspondant pour la Section d'Économie rurale, en remplacement de Sir *Arnold Theiler*, par 33 suffrages contre 9 à M. *C. Gorini*. Il y a 1 bulletin blanc.

CORRESPONDANCE.

L'**Université de Göttingen** invite l'Académie à se faire représenter aux fêtes du *Deuxième centenaire* de sa fondation, du 25 au 30 juin 1937.

---

(1) 1 volume in-8° de 306 pages, 42 figures dans le texte et 3 planches, Paris.

La SOCIÉTÉ HISTORIQUE ET ARCHÉOLOGIQUE DE L'ORNE invite l'Académie à se faire représenter à la commémoration du *Centième anniversaire* de la mort de RENÉ DESGENETTES.

M. le SECRÉTAIRE PERPÉTUEL signale parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° *Contributions techniques du* BUREAU VERITAS *pour le matériel non destiné aux Constructions navales*, 1936. IV (présenté par M. L. Guillet).

2° GEORGES BRUEL. *Le Colonel Aimé Laussedat. Le Créateur de la Photogrammétrie. Le Développement de cette science* (présenté par M. G. Perrier).

3° H. RIBAUT. *Homoptères Auchénorhynques*. I (Typhlocybidae) (présenté par M. L. Bouvier).

M. JACQUES CAVALIER prie l'Académie de vouloir bien le compter au nombre des candidats à la place de Membre libre vacante par le décès de M. *J. Charcot*.

GÉOMÉTRIE FINIE. — *Sur les arcs et les courbes réels gauches du quatrième ordre*. Note de M. MARCEL LINSMAN, présentée par M. Élie Cartan.

1. M. Marchaud a montré que tout continu gauche du quatrième ordre est formé de un ou de deux arcs de Jordan rectifiables ([1]). M. Haupt a complété cette proposition par la suivante :

Toute courbe et tout arc gauches C_4 *d'ordre quatre sont formés d'un nombre fini d'arcs d'ordre trois placés bout à bout*, et il a donné une borne supérieure pour ce nombre, sans décider toutefois si elle ne pouvait être abaissée ([2]).

Nous avons poursuivi les raisonnements de M. Haupt et nous avons déterminé les divers types d'arcs et de courbes gauches du quatrième ordre.

Nous commençons par préciser nos connaissances sur les arcs d'ordre trois du plan projectif, et nous montrons que les résultats obtenus par M. Marchaud au sujet des arcs bornés ([1]) leur sont applicables : tout arc d'ordre trois (du plan projectif) est formé de deux, trois ou quatre arcs

([1]) *Acta mathematica*, 55, 1930, p. 67-115.
([2]) *Math. Annalen*, 108, 1933, p. 126-142.

convexes; en particulier, si un tel arc possède un point de rebroussement (nécessairement de première espèce), il est formé de trois arcs convexes au plus.

Nous insistons ensuite sur une propriété importante des arcs gauches d'ordre trois. Soit C_3 un tel arc. En un point quelconque M de C_3, on peut définir un trièdre principal antérieur (ou postérieur) à C_3. Celui-ci conserve la même orientation quand M parcourt l'arc (pour cette raison, suivant la nature de cette orientation, C_3 sera dit dextrorsum ou sinistrorsum), même quand M passe par un point à l'infini de l'arc, où la notion de trièdre principal perd toute signification. Nous établissons cette proposition en nous basant sur un Mémoire de M. Hjelmslev, fondamental pour la théorie des suites monotones ([3]).

2. Observons maintenant que, puisque C_4 est formé d'un nombre fini d'arcs d'ordre 3, un point d'ordre 4 de C_4 ne peut se présenter qu'au point de raccordement de deux de ces arcs. Nous supposerons ici qu'aux points d'ordre 4 de C_4, les demi-tangentes et les demi-plans osculateurs à C_4 ont respectivement même support ([4]). Il résulte alors d'un travail de M. Denk ([5]) que tout point P d'ordre 4 de C_4 présente l'une des configurations suivantes :

α. Les demi-tangentes en P à C_4 sont opposées et les demi-plans osculateurs confondus ;

β. Les demi-tangentes et les demi-plans osculateurs en P à C_4 sont respectivement opposés ;

γ. Les demi-tangentes en P à C_4 sont confondues et les demi-plans osculateurs opposés.

Dans aucun de ces cas, C_4 ne peut, en outre, traverser son plan osculateur, unique d'après nos hypothèses, au point P.

([3]) *Overs. over d. Kgl. Danske Vidensk. Selsk. Forhandl.*, 1914, p. 3-74.

Plus généralement, l'orientation du *n*-èdre principal (par exemple antérieur) en un point M d'un arc d'ordre *n* d'un espace à *n* dimensions se conserve quand M parcourt l'arc, sauf, éventuellement, aux points à l'infini de celui-ci, où elle se renverse quand *n* est pair.

([4]) Cette hypothèse n'a qu'un caractère provisoire. Elle n'est requise que parce que le travail de M. Denk [voir ([2])], sur lequel nous nous basons, la suppose. Nous espérons arriver à nous en affranchir. M. Denk est, en effet, actuellement en possession de résultats tout à fait généraux sur l'ordre du point de raccordement de deux arcs d'ordre *n* de l'espace à *n* dimensions.

([5]) *Sitzungsber. d. Phys. med. Soz. zu Erlangen*, 67, 1935, p. 1-3.

Les points du type γ sont des points de rebroussement, et ce sont les seuls points de rebroussement d'ordre 4.

La propriété suivante caractérise les points des types α et γ :

L'orientation du trièdre principal en un point de C_4 *se conserve quand ce point parcourt* C_4, *sauf aux points d'ordre* 4 *de* C_4 *de l'un des types* α *ou* γ, *où elle se renverse.*

Nous étudions alors la configuration que présente l'image de P, quand on le projette d'un point S sur un plan, en fonction de la nature de P et de la position de S. Tenant compte des résultats ainsi obtenus, nous reprenons les raisonnements de M. Haupt et nous sommes amenés à classer les arcs et les courbes gauches d'ordre 4 en cinq catégories suivant qu'ils possèdent :

1° *zéro ou tout au plus quatre points du type* α;

2° *un point du type* β *et au plus deux points du type* α;

3° *deux points du type* β;

4° *un point du type* γ *et au plus un point du type* α;

5° *un point double et au plus deux points du type* α.

Si l'on convient de compter un point de l'un des types β ou γ comme équivalant respectivement à deux ou à trois points du type α, les quatre premiers de ces résultats se condensent en la proposition suivante : *tout arc et toute courbe gauches d'ordre quatre, sans point double, contiennent au maximum quatre points du type* α. Et ceci permet de supposer que la théorie du raccordement de Juel s'étend aux arcs gauches.

3. Dans le cas où C_4 est une courbe fermée, ces résultats se complètent par la condition suivante ([6]) :

Sur toute courbe gauche, fermée, d'ordre quatre, le nombre des points d'ordre quatre de l'un des types α *ou* γ *est pair ou nul.*

Cela résulte immédiatement de ce que nous avons dit de l'orientation du trièdre principal.

Les divers types d'arcs et de courbes gauches d'ordre quatre que nous venons de rencontrer existent certainement; on peut s'en assurer en projetant, d'un point convenablement choisi, une courbe d'ordre quatre d'un espace à quatre dimensions sur un espace à trois.

Les considérations précédentes s'étendent à l'espace à n dimensions.

([6]) Les résultats que nous obtenons ainsi contiennent comme cas particulier des résultats voisins de ceux que M. Courtand a annoncés dans sa Note aux *Comptes rendus*, 204, 1937, p. 215-217. Cf. également M. Scherk, *Math. Annalen*, 112, 1936, p. 743-766 et B. Segre, *R. Acc. d'Italia, Mem.*, 7, 1936, p. 365-397.

THÉORIE DES ENSEMBLES. — *Sur quelques théorèmes concernant la théorie des ensembles projectifs.* Note de MM. **L. Kantorovitch** et **E. Livenson**, présentée par M. Émile Borel.

M. Kuratowski (¹) a démontré le théorème que l'opération (A) effectuée sur les ensembles projectifs de la classe P_n (ou C_n) conduit aux ensembles de la même classe. Il en déduit, comme conséquence, notre théorème d'après lequel la classe (C) de M. Lusin est contenue dans la partie commune des classes P_2 et C_2 (²). Nous voulons indiquer ici que le théorème démontré par M. Kuratowski ne constitue que la conséquence immédiate du théorème II de notre Note (³). Nous profitons de l'occasion pour communiquer les démonstrations de quelques-uns de nos théorèmes énoncés en 1929-1930. Pour simplifier les raisonnements nous nous bornerons aux ensembles projectifs de classes finies.

Théorème I. — *Les classes P_n et C_n peuvent être présentées dans la forme*

$$P_n = H_{N_n^{(1)}}(F) = H_{N_n^{(2)}}(G); \qquad C_n = H_{N_n^{(3)}}(F) = H_{N_n^{(4)}}(G) \quad (^4),$$

où $N_n^{(1)}, N_n^{(2)} \in C_{n-1}$ *et* $N_n^{(3)}, N_n^{(4)} \in C_n$.

Démonstration. — Pour la classe P_1 l'affirmation du théorème est évidente parce que l'opération A est équivalente à une Φ_N — opération dont la base est un ensemble $N_1^{(1)}$, $N_1^{(2)}$ du type $G_\delta = C_0$. Supposons que le théorème est vrai pour P_{n+1}. Alors, d'après le théorème VIII de notre Mémoire [Mémoire I, p. 248, *loc. cit.* (⁴)], lorsque $P_n = H_{N_n^{(1)}}(F) = H_{N_n^{(2)}}(G)$, la classe $C_n = (P_n)_n$ des ensembles complémentaires est une classe $H_{N_n^{(1)}}(G) = H_{N_n^{(3)}}(F)$ où par exemple

$$N_n^{(3)} = C[\Pr(J x N_n^{(2)}]S$$

où S et J sont des exemples G_δ. L'ensemble $N_n^{(2)}$ étant de la classe C_{n-1}

(¹) *Comptes rendus*, 203, 1936, p. 911.

(²) La démonstration de ce théorème est donnée dans notre Note citée (³), elle s'appuie sur la théorie des opérations sur les ensembles. Le développement complet de cette théorie est donné dans notre Mémoire cité (⁴).

(³) *Comptes rendus*, 190, 1930, p. 1114.

(⁴) En ce qui concerne les notations, cf. notre *Memoir on the analytical operations and projective sets*, I, *Fund. Math.*, 18, 1932, p. 214-279; II, *ibid.*, 20, 1933, p. 54-97.

l'ensemble $N_n^{(3)}$ appartient évidemment à la classe C_n. Ceci démontré, la classe P_{n+1} est, d'après le théorème fondamental sur les projections (Mémoire I, p. 264), $H_{N_{n+1}^{(1)}}(F) = H_{N_{n+1}^{(2)}}(G)$, où par exemple

$$N_{n+1}^{(1)} = \Phi_{N_n^{(1)}}(\{K_s\})\, C\Phi_{N_n^{(2)}}(\{CK_s\}); \qquad K \in F_{\rho\delta}.$$

On voit donc immédiatement, en s'appuyant sur le théorème V (Mémoire I, p. 237), que $N_{n+1}^{(1)}$ est de la classe C_n. C. Q. F. D.

THÉORÈME II. — *Soit* $E = \Phi_N(\{E_K\})$. *Si* $N \in P_n$ *et* $E_K \in P_n$ (pour $K = 1, 2, \ldots$), *alors* $E \in P_n$.

Il résulte immédiatement du théorème V (Mémoire I, p. 237) :

COROLLAIRE I. — *Si* $m < n$,

$$H_{N_m^{(1)}}(P_n) = H_{N_m^{(2)}}(P_n) = H_{N_m^{(3)}}(P_n) = H_{N_m^{(4)}}(P_n) = P_n.$$

COROLLAIRE II. — *Si* $m < n$, *alors*

$$H_{N_m^{(1)}}(C_n) = H_{N_m^{(2)}}(C_n) = H_{N_m^{(3)}}(C_n) = H_{N_m^{(4)}}(C_n) = C_n.$$

Le corollaire I est une conséquence évidente des théorèmes I et II.

En ce qui concerne le corollaire II, il découle des formules

$$H_{N_m^{(1)}}(C_n) = [H_{N_m^{(4)}}(P_n)]_c = (P_n)_c = C_n, \qquad \ldots.$$

(K_c désigne la classe des complémentaires des ensembles appartenant à la classe K).

Remarque. — Si nous posons $m = 1$ nous obtenons le théorème prouvé par M. Kuratowki dans la Note citée (¹). Ce théorème est vrai aussi pour les classes P_α et C_α avec les indices transfinis de la première espèce.

Voilà enfin quelques théorèmes qui n'étaient pas formulés dans la Note citée.

THÉORÈME III. — *Quelle que soit la classe* K *des ensembles, on a*

$$H_{N_n^{(i)}}[H_{N_n^{(i)}}(K)] = H_{N_n^{(i)}}(K) \qquad (i = 1, 2, 3, 4).$$

THÉORÈME IV. — *Il existe des ensembles qui sont de la classe* P_2 *et* C_2 *simultanément et qui n'appartiennent pas à la classe des ensembles* (C) *de M. Lusin.*

Ce sera par exemple la base de l'opération $R\Phi_{N_1^{(3)}}$ regardée comme une δs-opération (cf. Chap. III, Mémoire II, p. 82-97).

THÉORÈME V. — *On peut construire un exemple individuel d'un ensemble n'appartenant à aucune classe projective* P_α ($\alpha < \Omega$).

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur une généralisation de la formule de Taylor*. Note de M. **Jean Delsarte**, présentée par M. Henri Villat.

Soit $\mathfrak{d}$ un opérateur linéaire défini pour une classe linéaire A de fonctions de la variable réelle x; nous supposons que les hypothèses suivantes sont satisfaites :

a. $\mathfrak{d}$ possède un spectre continu S constitué par une partie bidimensionnelle du plan de la variable complexe λ, et des fonctions propres correspondantes; on a

$$\mathfrak{d}_x[j_\lambda(\xi)] = \lambda j_\lambda(x),$$

les $j_\lambda(x)$ appartenant à A quel que soit λ de S; de plus on suppose encore que

$$j_\lambda(0) = 1,$$

que S contient l'origine du plan des λ, et que l'on a, quel que soit x, dans un voisinage convenable de cette origine,

$$j_\lambda(x) = \varphi_0(x) + \lambda\varphi_1(x) + \ldots + \lambda^n\varphi_n(x) + \ldots.$$

Tout cela entraîne les conséquences que voici :

$$\varphi_0(0) = 1; \qquad \varphi_n(0) = 0; \qquad \varphi_n(x) \in A; \qquad \mathfrak{d}_x[\varphi_n(\xi)] = \varphi_{n-1}(x).$$

b. Nous ferons de plus, sur l'opérateur $\mathfrak{d}$ une hypothèse d'unicité; à savoir que la seule solution $\Phi(x; y)$ de l'équation

$$\mathfrak{d}_y[\Phi(x;\xi)] - \mathfrak{d}_x[\Phi(\xi; y)] = 0,$$

nulle pour $y = 0$, appartenant à A, qu'on la considère comme fonction de x ou comme fonction de y, soit nulle. Dans ces conditions l'équation

$$\mathfrak{d}_y[\Phi(x;\xi)] - \mathfrak{d}_x[\Phi(\xi; y)] = \varphi(x; y)$$

n'a qu'une seule solution satisfaisant aux mêmes conditions, quand elle en a une; nous la désignerons, lorsqu'elle existe, par la notation

$$\Phi(x; y) = \mathfrak{i}_{xy}[\varphi(\xi; \eta)].$$

Ceci étant, envisageons la série formelle d'opérateurs

$$T^y = \varphi_0(y)E + \varphi_1(y)\mathfrak{d} + \varphi_2(y)\mathfrak{d}^{(2)} + \ldots + \varphi_n(y)\mathfrak{d}^{(n)} + \ldots,$$

où $\mathfrak{d}^{(n)}$ désigne le $n^{\text{ième}}$ itéré de $\mathfrak{d}$; cette série a un sens dans une certaine

classe fonctionnelle qui n'est pas vide car elle contient les $j_\lambda(x)$ pour $|\lambda|$ assez petit. $T_x^y[f(\xi)]$ est en réalité une fonction des deux variables réelles x et y; on posera

$$\widetilde{T}_x^y[f(\xi)] = T_y^x[f(\xi)].$$

On vérifie sans peine les relations (E désignant l'opérateur identique)

$$T^0 = E; \qquad T^y T^z = T^z T^y; \qquad T^y \widetilde{T}^z = \widetilde{T}^z T^y;$$

valables dans des classes fonctionnelles non vides. Posons encore

$$\Phi(x; y) = T_x^y[f(\xi)] - \sum_{p=0}^{n} \varphi_p(y)\, \mathfrak{d}_x^{(p)}[f(\xi)]$$

on a

$$\Phi(x; 0) = 0$$

et

$$\mathfrak{d}_y[\Phi(x; \xi)] - \mathfrak{d}_x[\Phi[\xi; y)] = \varphi_n(y)\, \mathfrak{d}_x^{(n+1)}[f(\xi)];$$

l'hypothèse d'unicité entraîne donc

$$(1) \qquad T_x^y[f(y)] = \sum_{p=0}^{n} \varphi_p(y)\, \mathfrak{d}_x^{(p)}[f(x)] + \mathfrak{i}_{xy}\{\varphi_n(\eta)\, \mathfrak{d}_\xi^{(n+1)}[f(\xi)]\},$$

qui est la généralisation de la formule de Taylor que nous avions en vue. Prenons

$$\mathfrak{d}_x = \frac{d}{dx}.$$

la classe A est la classe des fonctions une fois dérivables; on trouve

$$\mathfrak{i}_{xy}[\varphi(\xi, \eta)] = \int_0^y \varphi(x + y - u; u)\, du,$$

et l'égalité (1) redonne la formule de Taylor sous l'une de ses formes classiques; dans ce cas

$$T_x^y = T_y^x = f(x + y).$$

Nous indiquerons ultérieurement d'autres applications.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur une généralisation de la notion de variation de puissance $p^{ième}$ bornée au sens de M. Wiener, et sur la convergence des séries de Fourier.* Note [1] de M. **Laurence C. Young**, présentée par M. Gaston Julia.

Soit $\Phi(u)$ une fonction continue croissante, au sens strict, de o à ∞ avec u. On appellera *Φ-variation totale* d'une fonction $f(x)$ sur l'intervalle réel $[x', x'']$ la borne supérieure des sommes

$$\sum_i \Phi[|f(\beta_i)-f(\alpha_i)|]$$

pour les systèmes, situés dans $[x', x'']$, d'intervalles $[\alpha_i, \beta_i]$ n'empiétant pas; lorsque cette borne est finie, $f(x)$ est dite à *Φ-variation bornée* sur $[x', x'']$. Outre les cas classiques $\Phi(u)=u$ (Jordan) et $\Phi(u)=u^p$ (Wiener), les applications suggèrent l'étude des cas plus compliqués, par exemple celui des produits d'exponentielles, de logarithmes et de puissances. Les applications que j'ai données pour le cas des puissances [2] peuvent être étendues au cas général.

Soient $\Phi(u)$ et $\Psi(u)$ deux fonctions continues, croissantes de o à ∞ avec u, et soient $\varphi(u)$ et $\psi(u)$ les fonctions inverses. Supposons en outre

$$\sum_n \varphi\left(\frac{1}{n}\right)\psi\left(\frac{1}{n}\right)<\infty.$$

Soient A_ν *et* B_ν *respectivement les Φ- et Ψ- variations totales des fonctions* $f_\nu(x)$ *et* $g_\nu(x)$ *sur* $[x', x'']$, *pour* $\nu=1, 2, \ldots$, *et soient* $\Sigma A_\nu \leqq A<\infty$, $\Sigma B_\nu \leqq B<\infty$. *Alors*

$$\text{(I)}\qquad \sum_\nu \left|\int_{x'}^{x''}\{f_\nu(x)-f_\nu(x')\}\,dg_\nu(x)\right| \leqq K\sum_n \varphi\left(\frac{A}{n}\right)\psi\left(\frac{B}{n}\right),$$

où K *désigne une constante universelle ne dépassant pas* 20.

L'existence des intégrales de Stieltjes (dans un sens légèrement généralisé) et l'inégalité (I) se déduisent du cas particulier de (I) où l'on suppose les $f_\nu(x)$ fonctions *en escaliers*. On obtient en même temps des théo-

---

[1] Séance du 8 février 1937.

[2] *Acta mathematica*, 67, 1936, p. 251-282.

rèmes d'*intégration terme à terme* qui ne font pas usage de l'hypothèse classique de l'intégrabilité absolue. Leurs énoncés sont tout à fait analogues à ceux du Mémoire cité ([3]) où l'on remplacera partout les variations de puissances $p^{\text{ième}}$ et $q^{\text{ième}}$ totales (avec $1/p + 1/q > 1$) par les Φ- et Ψ- variations totales [avec $\Sigma\varphi(1/n)\psi(1/n) < \infty$].

A ces résultats s'ajoutent d'autres plus précis, si l'on suppose de plus que $\Phi(u)$ est une fonction *convexe*, sans d'ailleurs supposer que c'est le cas aussi de la fonction $\Psi(u)$. Avec les notations précédentes pour $\nu = 1, 2, \ldots, N$, écrivons encore $\Sigma A_\nu \leqq A < \infty$ et cette fois $NB_\nu \leqq B^* < \infty$. On trouve alors

$$\text{(II)} \qquad \sum_{\nu=1}^{N} \left| \int_{x'}^{x''} \{f_\nu(x) - f_\nu(x')\}\, dg_\nu(x) \right| \leqq K \sum_{n=N}^{\infty} \varphi\left(\frac{A}{n}\right) \psi\left(\frac{B^*}{n}\right),$$

où K désigne une constante universelle ne dépassant pas 32. De l'inégalité (II) on déduit par exemple : *si $f_n(x) \to f(x)$ et si les fonctions $f_n(x)$ ont sur $[x', x'']$ Φ-variations totales inférieures à une constante fixe, on a*

$$\int_{x'}^{x''} f_n(x)\, dg(x) \to \int_{x'}^{x''} f(x)\, dg(x),$$

pour toute fonction $g(x)$ à Φ-variation bornée. Ajoutons encore que (II) peut s'énoncer aussi pour les fonctions à deux variables; elle diffère alors de beaucoup de l'énoncé correspondant à (I) et conduit dans la théorie des séries de Fourier à une forme de l'équation de Parseval.

Les méthodes ci-dessus trouvent leurs applications dans la théorie des séries de Fourier, par le fait que les fonctions

$$g_\nu(t) = \int^{t} \frac{\sin\left(\nu + \frac{1}{2}\right)t}{\sin\frac{1}{2}t}\, dt$$

ont Ψ-variations totales inférieures à une constante fixe de la forme $K\sum_n \Psi(1/n)$, pourvu que cette série converge et que

$$\Psi(u_1) + \Psi(u_2) \leqq \Psi(u_1 + u_2)$$

pour $u_1 > 0$ et $u_2 > 0$. C'est le cas en particulier lorsque l'on choisit, pour u

([3]) Signalons cependant une erreur à la page 271, il faut remplacer l'ensemble $A_+ + A_- + B_+ + B_-$ par $(A_+ + B_+)(A_- + B_-)$.

suffisamment petit et positif, $\Psi(u)=u/|\log u|^{1+\varepsilon}$ où $\varepsilon>0$. On trouve ainsi : *Soit, pour u suffisamment petit et positif*, $\Phi(u)=\exp(u^{-\alpha})$ où $\alpha<1/2$, *et soit* $f(x)$ *une fonction périodique à* Φ*-variation bornée sur une période. Alors la série de Fourier de* $f(x)$ *converge vers* $\{f(x+0)+f(x-0)\}/2$.

MÉCANIQUE. — *Sur la vibration fondamentale d'une membrane.* Note de M. **Joseph Barta**, présentée par M. Jacques Hadamard.

Considérons l'équation des vibrations d'une membrane

$$\Delta u+\lambda u=0, \tag{1}$$

valable dans un domaine borné S, avec la condition aux limites $u=0$ sur la frontière s de S. Nous nous proposons d'indiquer un procédé élémentaire qui permet d'obtenir des bornes supérieures et inférieures pour la plus petite valeur propre $\lambda=\lambda_1$. La fonction propre correspondante sera désignée par u_1. On sait que u_1 est différent de zéro dans le domaine S. On a, d'après (1),

$$\lambda_1=-\frac{\Delta u_1}{u_1}. \tag{2}$$

Soit $f(x, y)$ une fonction arbitraire, deux fois dérivable, *différente de zéro dans le domaine* S, et qui satisfait en outre à la condition aux limites

$$f=0 \tag{3}$$

sur la frontière s. Posons $u_1=f+g$. Par conséquent, g satisfait aussi à la condition aux limites

$$g=0. \tag{4}$$

En substituant $u=f+g$ dans (2), nous obtenons

$$\lambda_1=-\frac{\Delta(f+g)}{f+g}=-\frac{\Delta f}{f}-\frac{f\Delta g-g\Delta f}{(f+g)f}.$$

Dans le domaine S, le dénominateur de la dernière fraction est différent de zéro. Le numérateur, par contre, change de signe (ou bien il est identiquement égal à zéro), car on a, d'après la formule de Green,

$$\iint_S (f\Delta g-g\Delta f)\,dS=-\int_s\left(f\frac{\partial g}{\partial n}-g\frac{\partial f}{\partial n}\right)ds=0.$$

Par conséquent on a les inégalités

$$\left(-\frac{\Delta f}{f}\right)_{\min} \leqq \lambda_1 \leqq \left(-\frac{\Delta f}{f}\right)_{\max}, \tag{5}$$

qui donnent des bornes supérieures et inférieures pour λ_1.

Applications. — Comme exemple numérique, nous allons considérer une membrane elliptique dont la frontière est donnée par l'équation

$$4 - x^2 - 4y^2 = 0.$$

Posons, premièrement, $f = (4 - x^2 - 4y^2)(4 - x^2 - y^2)$. On trouve les inégalités

$$-\infty < \lambda_1 < 3,91.$$

Deuxièmement, posons $f = (4 - x^2 - 4y^2)(252 - 35x^2 - 60y^2)$. La formule (5) donne alors les inégalités

$$3,25 < \lambda_1 < 7,33.$$

En résumant, on obtient les inégalités

$$3,25 < \lambda_1 < 3,91.$$

Signalons que M. Trefftz avait obtenu par une autre méthode [1] les inégalités

$$3,460 < \lambda_1 < 3,569.$$

La méthode de la présente Note admet des généralisations qui seront publiées prochainement.

AÉRODYNAMIQUE. — *Sur la représentation du sol dans les essais aérodynamiques de véhicules.* Note [1] de M. F. Gruson, présentée par M. Henri Villat.

La méthode des deux maquettes symétriques pour la représentation du sol dans les essais aérodynamiques de véhicules en soufflerie, présente sur la méthode du plancher fixe l'avantage de ne pas faire travailler la partie inférieure de la maquette dans une couche perturbée par le frottement.

Elle est défaillante dès qu'apparaissent les sillages à tourbillons alternés de Bénard-Karman. Le système de tourbillons alternés de chaque maquette

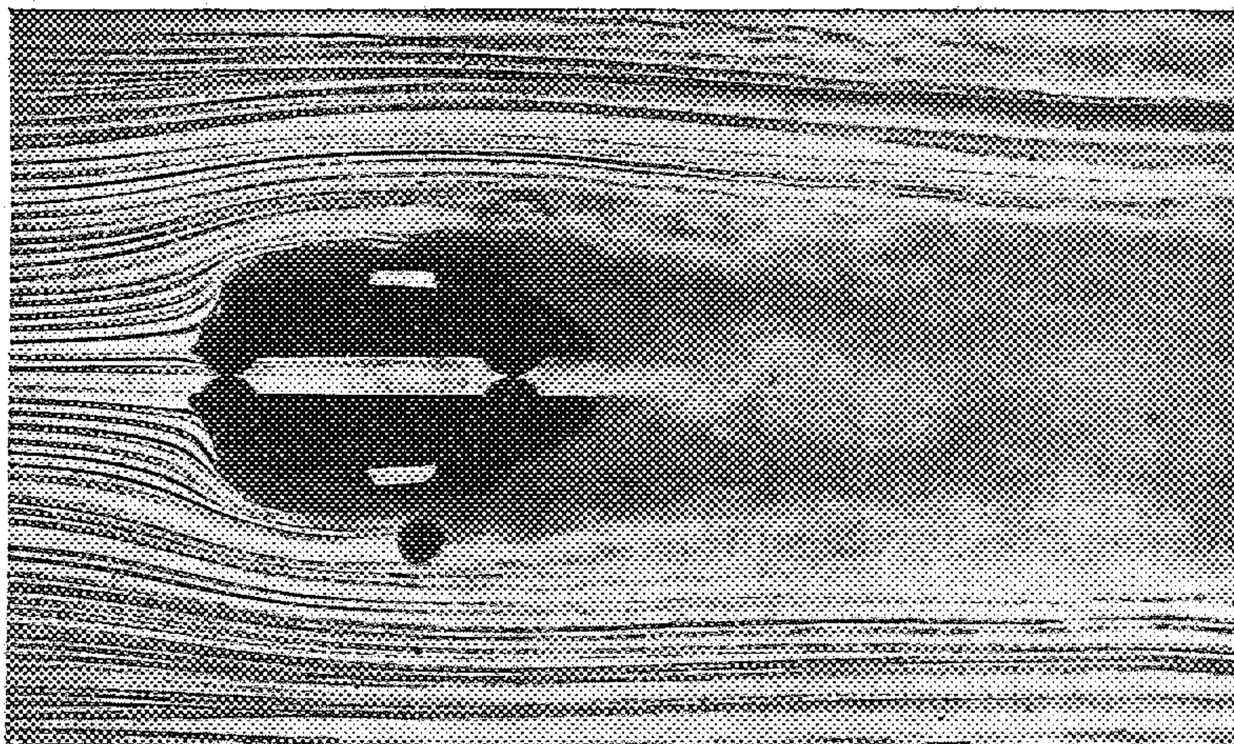
---

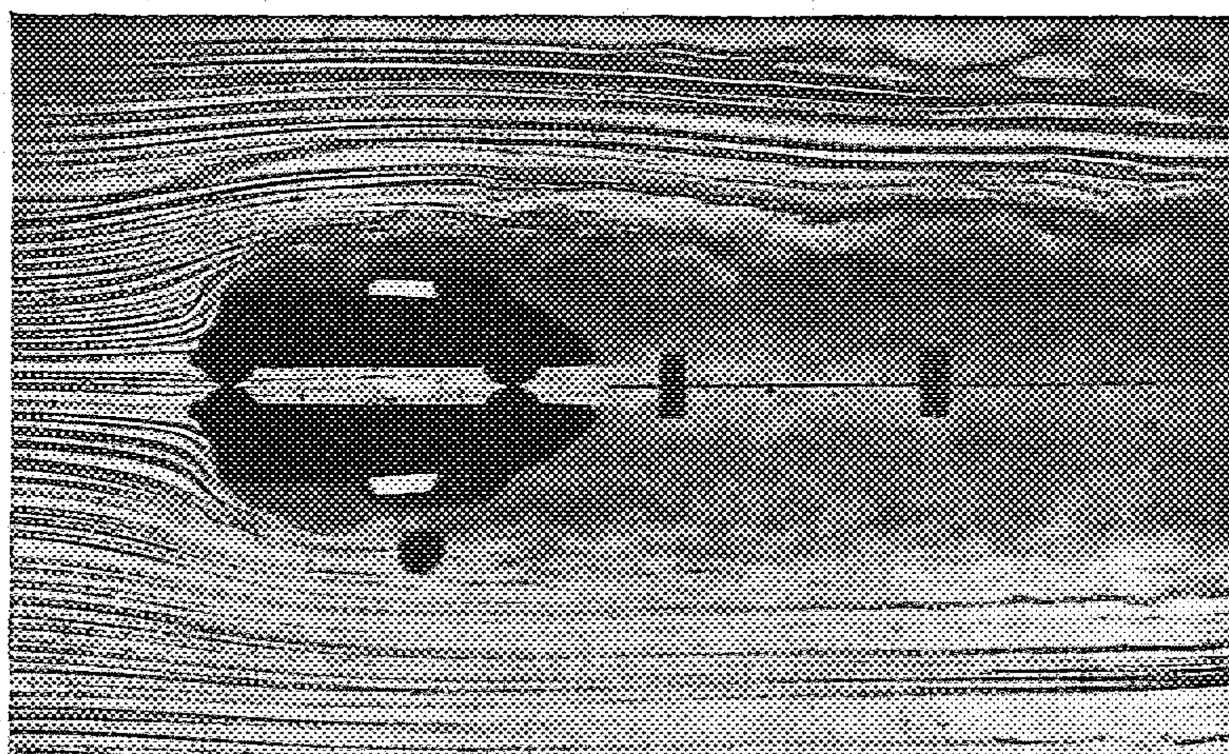
(1) *Mathematische Annalen*, 103, 1933, p. 595.

(1) Séance du 1er février 1937.

interfère alors avec l'autre pour donner un système alterné complexe qui n'admet plus de plan de symétrie : la figuration du sol n'existe donc plus.

Pour conserver dans ce cas la représentation du sol, nous proposons





d'utiliser deux maquettes symétriques, et d'empêcher la formation d'un sillage dissymétrique par indroduction d'un plancher mince formant écran, dans le plan de symétrie et en aval des maquettes.

L'efficacité de ce dispositif a été contrôlée par des essais à la cuve Toussaint-Carafoli de l'Institut Aérotechnique de Saint-Cyr.

Ces essais ont porté sur des cylindres et des maquettes de voitures, et ont indiqué que l'introduction de l'écran empêchait effectivement l'interfé-

rence des deux systèmes alternés (ces deux systèmes se mettant néanmoins en phase dans le cas des cylindres).

Des mesures comparatives de résistance à l'avancement ont été également effectuées en soufflerie sur une maquette d'autorail. Elles ont porté sur les cas suivants : deux maquettes symétriques, maquette sur plancher fixe, deux maquettes symétriques et écran aval.

La méthode proposée a donné dans ces conditions une traînée intermédiaire entre les traînées données par les deux autres méthodes.

AÉRODYNAMIQUE. — *Sur une définition rationnelle de la qualité des hélices sustentatrices.* Note de M. **Svetopolk Pivko**, présentée par M. Henri Villat.

Le rendement total d'une *hélice propulsive* s'écrit, comme l'on sait,

$$\eta = \frac{T.V_0}{75\,P_{cv}} = \frac{k_T}{k_p}\lambda,$$

où T est la traction de l'hélice, P_{cv} la puissance absorbée en chevaux, V_0 la vitesse du déplacement de l'avion et k_T, k_p, λ sont les coefficients sans dimensions, définis par les relations

$$k_T = \frac{T}{\rho/2\,R^2\pi(R\omega)^2}, \qquad k_p = \frac{75\,P_{cv}}{\rho/2\,R^2\pi(R\omega)^3} \qquad \text{et} \qquad \lambda = \frac{V_0}{R\omega}.$$

D'après la théorie classique de l'hélice, le rendement η peut être considéré comme le produit

$$\eta = \frac{k_T}{k_p}\lambda = \eta_1\eta_2\eta_3 = \eta_1\eta_0,$$

η_1 est le *rendement propulsif*, dont la valeur optimum est donnée par l'expression théorique

$$\eta_1 = \frac{V_0}{V_0 + v} = \frac{2}{1 + \sqrt{1 + k_T/\lambda^2}},$$

v étant la vitesse axiale supplémentaire dans le plan de rotation de l'hélice; η_2 comporte les pertes de puissance dues à la rotation de la veine soufflée en arrière de l'hélice et η_3 comporte les pertes dues au frottement.

Le produit $\eta_2\eta_3 = \eta_0$, qui caractérise ainsi le fonctionnement de l'hélice au point fixe, peut être appelé *rendement sustentatif* de l'hélice. Dans le cas

général, il peut être mis sous la forme

$$\eta_0 = \frac{k_T}{k_p}\frac{\lambda}{\eta_1} = \frac{k_T}{2k_p}(\lambda + \sqrt{\lambda^2 + k_T}).$$

Pour une *hélice sustentatrice*, $\lambda = V_0/R\omega = 0$ et cette expression se réduit à

$$\eta_0 = \frac{k_{T_0}^{\frac{3}{2}}}{2k_p}.$$

Remarque. — On appelle rendement d'une machine quelconque le rapport du travail utile au travail dépensé, par unité de temps. Au point de vue aérodynamique, le pseudo-travail utile d'une hélice propulsive est égal à $T(V_0 + v)$. Pour une hélice sustentatrice, le travail utile dans le sens mécanique est nul, parce que l'hélice tourne au point fixe et ne se déplace pas. Mais le pseudo-travail utile dans le sens aérodynamique n'est pas nul et il est égal à $T_0 v$. Il en résulte que le *pseudo-rendement* ou la *qualité sustentatrice* d'une hélice qui tourne au point fixe est définie par le rapport

$$\eta_0 = \frac{T_0 v}{75 P_{CV}}.$$

On sait, par suite, d'après la théorie classique, que la traction d'une hélice sustentatrice est égale à

$$T_0 = 2\rho R^2 \pi v^2.$$

On peut exprimer v en fonction de T_0 et l'on obtient le pseudo-rendement d'une hélice sustentatrice sous la forme

$$\eta_0 = \frac{T_0 v}{75 P_{CV}} = \frac{1}{75\sqrt{2\rho}} \frac{T_0}{P_{CV}} \sqrt{\frac{T_0}{R^2 \pi}}.$$

En passant aux coefficients sans dimensions, on obtient l'expression

$$\eta_0 = \frac{k_{T_0}^{\frac{3}{2}}}{2k_{p_0}}$$

trouvée plus haut. Il est extrêmement aisé de démontrer que la valeur maximum de la qualité sustentatrice η_0 ainsi définie est égale à l'unité, dans l'hypothèse d'une hélice sustentatrice idéale, en négligeant le frottement et la rotation de la veine soufflée.

Parfois, on fait usage des coefficients unitaires τ et χ, définis par les

relations

$$\tau = \frac{T}{\rho n^2 D^4} \quad \text{et} \quad \chi = \frac{75 P_{cv}}{\rho n^3 D^5}.$$

Il est facile de voir qu'avec ces notations, le pseudo-rendement d'une hélice sustentatrice est donné par l'expression

$$\eta_0 = \sqrt{\frac{2}{\pi}} \frac{\tau_0^{\frac{3}{2}}}{\chi_0}.$$

HYDRAULIQUE. — *Remarque sur le tarage des moulinets hydrométriques par déplacement en milieu confiné.* Note [1] de MM. **Léopold Escande** et **Georges Sabathé**, présentée par M. Charles Camichel.

Dans nos précédentes recherches sur les moulinets hydrométriques [2], nous avons examiné les erreurs susceptibles d'être introduites dans les indications fournies par ces appareils, soit par l'obliquité des trajectoires, soit par le voisinage d'une paroi solide ou d'une surface libre, soit enfin, par le fait d'un tarage effectué au moyen d'un manège de trop faible diamètre.

Dans la présente Note, nous examinons les perturbations susceptibles d'être provoquées dans le tarage des moulinets par le fait des dimensions transversales trop faibles du canal dans lequel on effectue la translation de l'appareil.

Divers auteurs, et en particulier M. Foch et M. Laurent [3], ont étudié ce problème, mais à un point de vue différent.

Dans nos recherches, effectuées sous la direction de M. Camichel, nous avons utilisé pour accentuer le phénomène étudié, un canal de tarage, de dimensions exagérément restreintes (largeur : $0^m,24$), spécialement établi à cet effet sur une longueur de 50^m. Le moulinet étudié est un moulinet Ott, type Arkansas, n° 5225.

1° Dans une première série d'expériences, le moulinet est placé au centre de la section mouillée du canal (*fig.* 1) et l'on donne diverses valeurs à la profondeur H. Les courbes de tarage ainsi obtenues (*fig.* 1) présentent toutes une singularité.

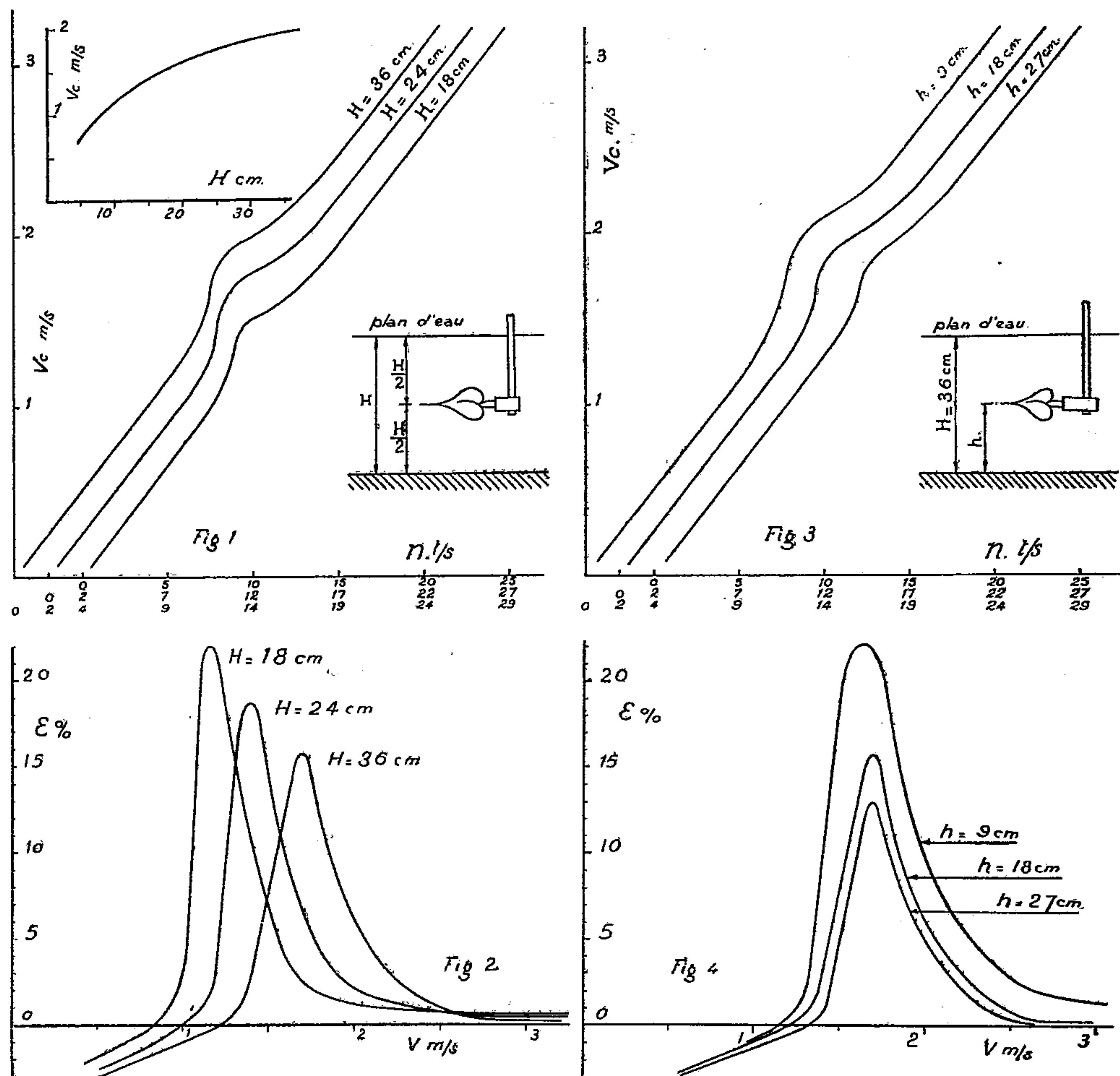
---

(1) Séance du 1er février 1937.

(2) *Comptes rendus*, 203, 1936, p. 922 et 204, 1937, p. 330.

(3) *Revue générale de l'Électricité*, 29, n° 43, 1930, p. 531 M.

Si l'on construit la courbe de l'erreur $\varepsilon = (V_c - V)/V$, V_c et V désignant les vitesses d'entraînement de l'appareil qui correspondent au même nombre de tours seconde, d'une part dans le petit canal, d'autre part en



milieu infini, on voit (*fig.* 2) la valeur considérable de cette erreur au voisinage de la singularité constatée.

Le phénomène peut être interprété par l'existence d'une onde de translation provoquée dans le canal par le déplacement du moulinet et de la tige support. La figure 1 donne la vitesse de translation de cette onde, en fonction du tirant d'eau H, dans le canal. On voit, en effet, que la vitesse de l'onde est voisine de la valeur de V_c correspondant aux singularités.

2° Dans une deuxième série d'expériences, nous maintenons le tirant

d'eau constant $H = 36^{cm}$, et nous opérons pour diverses valeurs de la distance h de l'axe du moulinet au fond du canal. Les figures (3) et (4), analogues aux figures (1) et (2), représentent les résultats obtenus dans ce cas. Les singularités sont d'autant plus importantes que le moulinet est enfoncé plus profondément, ce qui peut s'expliquer par la perturbation plus grande provoquée par la tige support.

AVIATION. — *Appareil pour enregistrer les déformations et les vibrations de l'hélice aérienne pendant le vol.* Note (¹) de MM. DIMITRY PANOFF et PAUL RIZ, présentée par M. Albert Caquot.

Pour étudier les déformations de l'hélice et ses vibrations pendant le vol, il est nécessaire de mesurer directement les déplacements relatifs de diverses parties de ses pales. Pour enregistrer ces déformations, on a construit, d'après nos dessins, un appareil d'enregistrement spécial.

A l'aide d'une chambre photographique, liée à l'hélice même, avec un

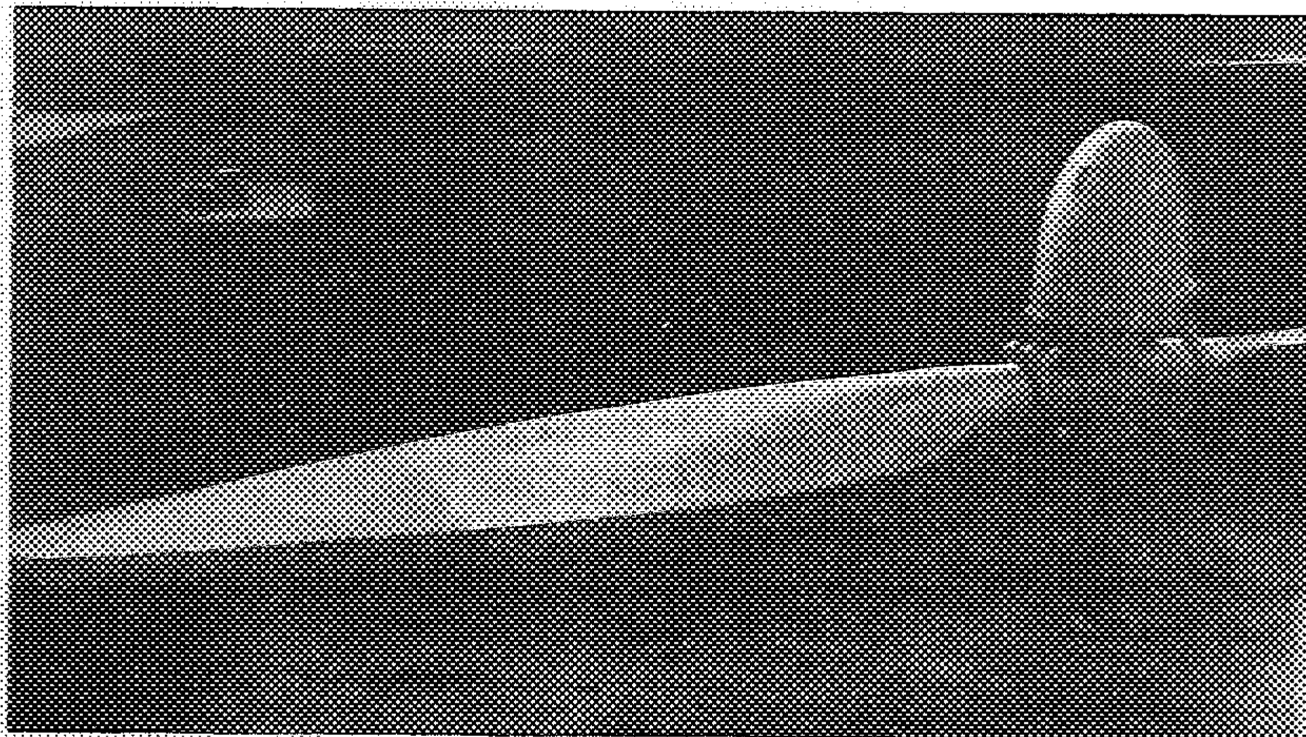


Fig. 1.

film se déroulant d'un mouvement uniforme, on peut enregistrer les positions relatives des éléments des pales.

La chambre photographique et l'objectif, deux bobines, un petit moteur

(¹) Séance du 18 janvier 1937.

électrique pour dérouler le film, un enregistreur de temps et un petit miroir qui sert à réfléchir dans l'objectif les points étudiés de la pale sont disposés dans un ajutage fuselé (*fig.* 1).

L'obturateur de la chambre est muni de deux fentes étroites parallèles (*fig.* 2).

Le film se déroule perpendiculairement aux déplacements des points

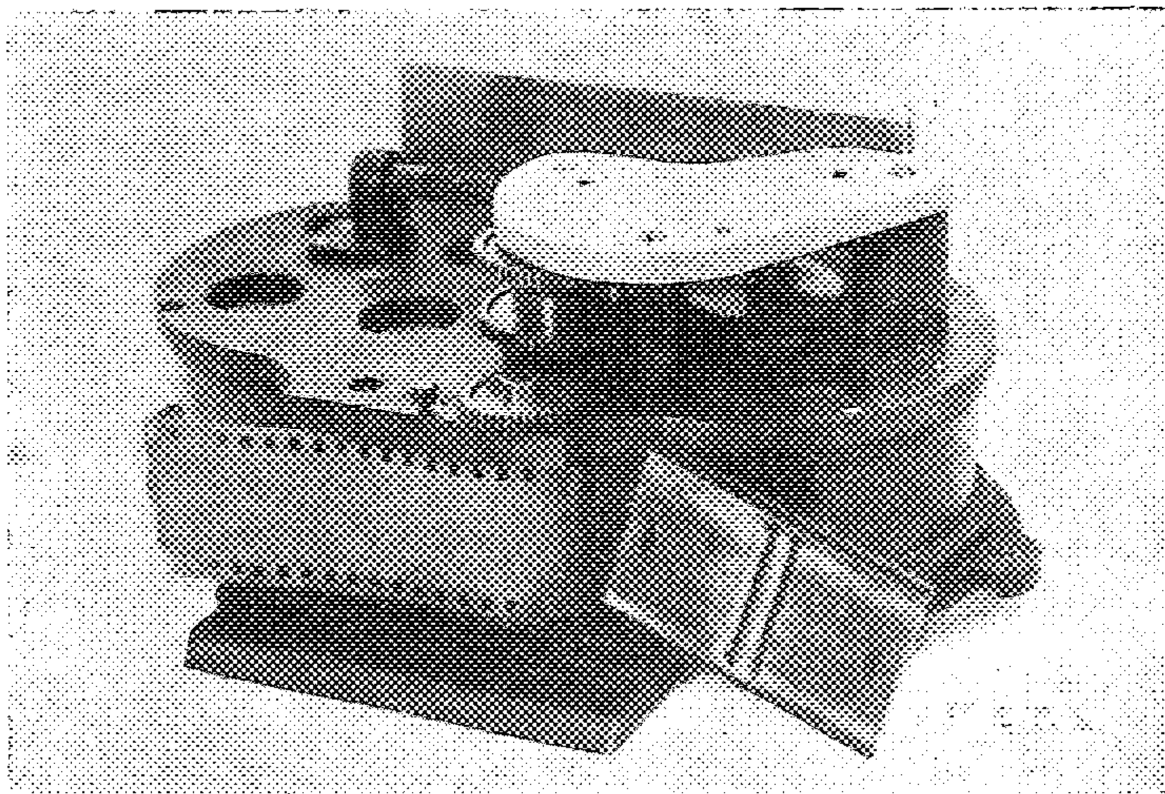


Fig. 2.

de la pale de l'hélice, qui se produisent dans une direction normale au plan de la rotation de l'hélice.

On fait tracer sur la partie étudiée de la pale peinte en blanc et sous un certain angle à l'axe de la pale une raie noire.

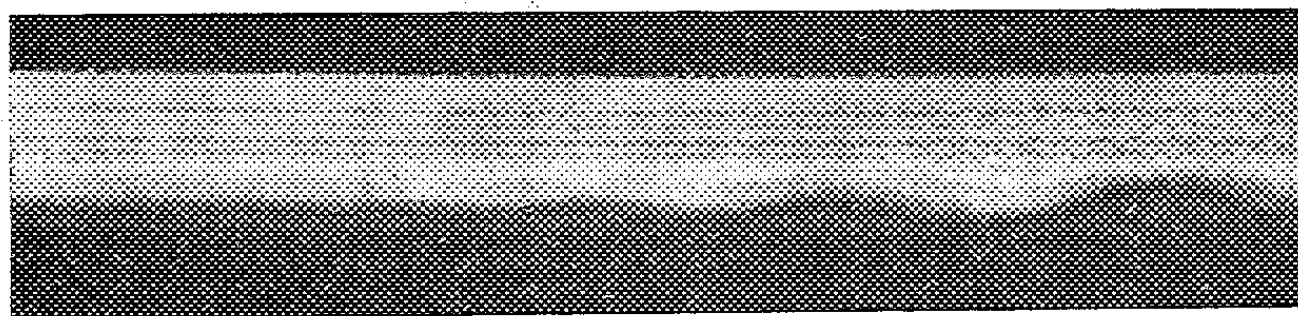


Fig. 3.

S'il n'y a pas de vibrations de la pale, cette raie noire à travers les deux fentes se dessine sur le film sous forme de deux taches noires.

En cas de vibrations de la flexion de la pale, ces taches dessinent sur le

film deux courbes ondulées; la distance entre les deux lignes centrales de ces courbes reste invariable.

Par contre ces deux courbes se rapprochent toutes les fois que se produit une torsion de la pale.

A l'aide de l'oscillogramme on obtient le caractère de la déformation.

On observe sur l'oscillogramme (*fig.* 3) les vibrations de flexion qui s'amortissent.

LOGIQUE. — *Les relations d'incertitude de Heisenberg et la logique.* Note [1] de Mlle **Paulette Février**, présentée par M. Louis de Broglie.

Les *relations d'incertitude* d'Heisenberg peuvent être évidemment considérées au point de vue logique comme des conséquences de la mécanique ondulatoire, qui apparaît comme une théorie mathématique construite dans la logique classique.

Le but de cette Note est de montrer qu'on peut les considérer comme des lois fondamentales sur les mesures physiques à partir desquelles il sera possible de constituer une logique qui se trouvera adaptée aux propriétés des objets microscopiques, et de telle manière que la théorie des quanta apparaisse comme une théorie mathématique dans cette logique. Cette façon de procéder semble légitime si l'on admet avec M. Gonseth [2] que la logique est avant tout la science des propriétés fondamentales des objets, une *physique de l'objet quelconque*.

Soit d'une part un système de principes présupposé en vue d'une recherche expérientielle, et d'autre part un ensemble de propositions énoncées sous la condition de cette axiomatique; elles peuvent être par rapport aux principes : soit vraies, nécessairement ou de façon contingente (V), soit fausses nécessairement (A), soit fausses de manière contingente, erronées (F); ces deux dernières valeurs constituent le *faux* de la logique classique.

Les *relations d'incertitude* d'Heisenberg étant considérées comme faisant partie de l'axiomatique ci-dessus définie, nous sommes amenée à distinguer une valeur A de la façon suivante :

Soient a_i et b_i les propositions, concernant un corpuscule, définies par

---

[1] Séance du 8 février 1937.

[2] *Les Mathématiques et la Réalité*, Paris, 1936, p. 155.

$a_i \equiv$ la coordonnée q_i a la valeur q_{oi},

$b_i \equiv$ la composante p_i de la quantité de mouvement a la valeur p_{oi};

les propositions telles que a_i & a_k, b_i & b_k, a_i & b_k $(i \neq k)$ obéissent aux lois habituelles du produit logique. Mais il n'en est pas de même pour la proposition a_i & b_i. En effet, bien qu'indépendamment a_i ou b_i puissent être vraies, leur produit ne peut être vrai (c'est-à-dire leur vérité simultanée), en vertu des relations d'incertitude. Ceci introduit entre des couples de propositions que nous appellerons *propositions conjuguées* des liaisons d'un type que l'on ne rencontre pas en logique classique, et qui se traduisent par des lois spéciales pour le produit de ces couples de propositions.

Il nous faut maintenant préciser quelle est la valeur logique des propositions telles que a_i & b_i. Considérons des propositions liées à des grandeurs physiques quantifiées, c'est-à-dire ne prenant que certaines valeurs, comme c'est le cas pour l'énergie; par exemple, la proposition c définie par

$$c \equiv \text{l'énergie E a la valeur } E_0.$$

Si l'on effectue une mesure, et que l'on trouve pour E la valeur E_0, la proposition c est vraie. Dans le cas contraire, c est non vraie; mais il nous paraît essentiel de distinguer deux éventualités suivant que E_0 appartient ou non à l'ensemble des valeurs possibles pour E. Il nous semble naturel de dire que dans le premier cas la proposition c prend la valeur F, et dans le second la valeur A; F apparaît comme du possible non réalisé, A comme du non réalisable.

En logique classique, le produit est défini par les conditions qu'il est vrai si les deux propositions sont vraies, faux si l'une des deux est fausse. Dans le cas de propositions non conjuguées, il devra donc être A si l'une des propositions est A; et dans le cas de propositions conjuguées, si l'une est V ou F, c'est que l'on a effectué une mesure, et la valeur de l'autre n'est pas déterminée, la seconde mesure n'ayant pu être faite; ceci conduit à ce que le produit soit A. Enfin, si l'une est A, le produit est A; ces conditions ne sont satisfaites que si le produit de deux propositions conjuguées est toujours A. D'où les deux matrices de l'opération produit :

Propositions non conjuguées.

&	V	F	A
V	V	F	A
F	F	F	A
A	A	A	A

(A prépondérant sur F, qui est prépondérant sur V.)

Propositions conjuguées.

&	V	F	A
V	A	A	A
F	A	A	A
A	A	A	A

(A absolument prépondérant.)

Ainsi nous sommes amenée à une logique à trois valeurs, dont le produit obéit à des règles spéciales, les couples de propositions devant être séparés en propositions conjuguées et non conjuguées.

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *Relations entre la polarisation d'un photon et les spins des corpuscules constituants.* Note [1] de M. **Jean Roubaud-Valette**, présentée par M. Louis de Broglie.

Prenons, pour définir le corpuscule, les quatre ψ_i solutions des équations de Dirac; et, pour définir l'anticorpuscule, les quatre φ_k solutions des équations complémentaires [2].

Supposons les ondes planes et se propageant suivant Oz. On a, comme moment magnétique du corpuscule en supposant les ψ_k normés, en tenant compte de $w^2/c^2 = m_0^2 c^2 + P_z^2$:

$$\overline{\mathfrak{M}}_x = -\frac{eh}{4\pi m_0 c}\,\frac{A^*B + AB^*}{AA^* + BB^*}, \qquad \ldots,$$

formules identiques à celles obtenues dans l'approximation newtonienne.

La représentation sphérique de Jordan fait correspondre à la direction du moment $\overline{\mathfrak{M}}$, le point m d'affixe $\cot\theta/2\, e^{i\varphi} = -B/A$.

Si $A = \lambda e^{i\alpha}$, $B = \gamma e^{i\beta}$, on a, pour l'affixe,

$$\frac{|\psi_4| + |\psi_2|}{|\psi_3| - |\psi_1|}\, e^{i[(\beta-\alpha)+\pi]}, \qquad \text{car} \qquad \frac{\mu}{\lambda} \equiv \frac{\mu\left(1 - \dfrac{\rho_2}{\dfrac{w}{c} + m_0 c}\right)}{\lambda\left(1 - \dfrac{\rho_2}{\dfrac{w}{c} + m_0 c}\right)}.$$

Le module de l'affixe est le quotient des modules des ondes de spin $-h/4\pi$, par les modules des ondes de spin $+h/4\pi$; l'argument $\beta - \alpha$ est le retard de la phase de ψ_3 et ψ_1 sur la phase de ψ_4 et de ψ_3. De même, pour l'anticorpuscule, nous avons un moment $\overline{\mathfrak{M}}'$ auquel correspond le point m' d'affixe $|\varphi_4| + |\varphi_2| / |\varphi_3| - |\varphi_1|\, e^{-i[(\beta-\alpha)+\pi]}$ ou $|\psi_1| + |\psi_3| / |\psi_2| - |\psi_4|\, e^{-i[(\beta-\alpha)+\pi]}$.

---

(1) Séance du 8 février 1937.

(2) Louis de Broglie, *Une nouvelle conception de la lumière*, Paris, 1934, p. 12.

Pour fixer les positions relatives des deux moments, prenons le quotient des deux affixes des points représentatifs; ce quotient est égal à

$$\frac{[|\psi_4|+|\psi_2|][|\psi_4|-|\psi_2|]}{[|\psi_3|-|\psi_1|][|\psi_3|+|\psi_1|]}e^{2i(\beta-\alpha)}=\frac{\left|\text{Module ondes spin}-\frac{h}{2\pi}\right|^2}{\left|\text{Module ondes spin}+\frac{h}{4\pi}\right|^2}e^{2i(\beta-\alpha)}=\frac{|\psi_4|^2}{|\psi_3|^2},$$

car $\psi_2/\psi_4=\psi_1/\psi_3$.

Prenons maintenant l'onde du photon formé par la réunion du corpuscule et de l'anticorpuscule.

Nous pouvons la représenter, dans le langage de l'optique, par

$$x=f_1\cos(2\pi\nu t+\omega)+f_2\cos(2\pi\nu t-\omega),$$
$$y=f_1\sin(2\pi\nu t+\omega)-f_2\sin(2\pi\nu t-\omega).$$

Le retard de la phase du circulaire gauche sur le circulaire droit est 2ω. La représentation de Poincaré fait correspondre à la polarisation le point M où $\operatorname{tang}\nu=b/a=(f_1-f_2)/(f_1+f_2)$. En faisant une projection stéréoscopique de M sur le plan XOY, avec comme pôle le pôle boréal, on obtient pour affixe du point projection : $z=f_1/f_2 . e^{2i\omega}$. Or, on peut prendre comme vecteur lumineux, le vecteur champ électrique associé à l'onde, et écrire les valeurs des composantes :

$$x=\text{partie réelle de } E_x=-2k\frac{2\pi i}{h}\frac{\mu_0 W}{\Delta}(c_2-c_1)e^{\frac{2\pi i}{h}(Wt-P_z z)},$$

$$y=\text{partie réelle de } E_y=-2ki\frac{2\pi i}{h}\frac{\mu_0 W}{\Delta}(c_2+c_2)e^{\frac{2\pi i}{h}(Wt-P_z z)}.$$

On voit que l'on peut prendre, pour f_1, f_2 et ω,

$$f_1=2k\frac{2\pi}{h}\frac{\mu_0 c}{\Delta}|c_2|,$$

$$f_2=2k\frac{2\pi}{h}\frac{\mu_0 c}{\Delta}|c_1|,$$

et

$$2\omega=\text{différence entre argument de } c_2 \text{ et argument de } c_1,$$

d'où, $c_1=0$ correspond à $f_2=0$, et, par suite, à une onde dextrogyre $c_2=0$, à une onde lévogyre.

L'affixe z vaut donc

$$z=\frac{f_1}{f_2}e^{2i\omega}=\frac{|c_2|}{|c_1|}e^{2i\omega}=\frac{|E_y+iE_x|}{|E_y-iE_x|}e^{2i\omega}.$$

En prenant les expressions de E_x, E_y en fonction des Φ_{ik} du photon ([3]), on a

$$z = \frac{|\Phi_{23} - \Phi_{41}|}{|\Phi_{32} - \Phi_{14}|} e^{2i\omega} = \frac{|\Psi'^2_4 + \Psi'^2_2|}{|\Psi'^2_4 + \Psi'^2_1|} e^{2i\omega}$$

ou

$$z = \frac{|\Psi'_4|^2}{|\Psi'_3|^2} e^{2i\omega} = \frac{|\text{Module ondes dextrogyres}|^2}{|\text{Module ondes lévogyres}|^2} e^{2i\omega}.$$

Le premier membre est identique au terme que nous avons obtenu comme quotient des affixes des points représentatifs des moments du corpuscule et de l'anticorpuscule, d'où

$$\frac{|\text{Module ondes dextogyres}|}{|\text{Module ondes lévogyres}|} = \frac{\left|\text{Module ondes spin} - \dfrac{h}{4\pi}\right|}{\left|\text{Module ondes spin} + \dfrac{h}{4\pi}\right|}.$$

Par suite, le langage *spin* pour les corpuscules peut être mis en correspondance complète avec le langage *polarisation* pour les photons.

ÉLECTRONIQUE. — *Propriétés du photon électronique.* Note de M. J. J. Placinteanu, présentée par M. Jean Perrin.

Le photon est ici conçu comme particule produite par l'association d'un positon et d'un électron avec interaction des deux constantes, exprimée par la loi des masses au repos

$$m_0 = \text{const.}\ e^{i\lambda t}, \tag{1}$$

où λ représente la constante électronique de fusion, à savoir ([1])

$$\lambda = \pm \frac{2mc^2}{h}. \tag{2}$$

Le but de cette Note est de montrer : 1° que la condition des statistiques pour un tel gaz photonique est satisfaite; 2° que le théorème classique sur le mouvement relatif se conserve dans le cas présent. Ce mouvement

---

([3]) Louis de Broglie, *op. cit.*, Paris, 1936, p. 19.

([1]) J. J. Placinteanu, *Comptes rendus*, 203, 1936, p. 1343. La dernière phrase, en bas de la page 1343, doit se lire : En effet, les considérations *de M. Jordan prouvent qu'on ne peut pas considérer les deux particules* comme indépendantes. Donc....,

autour du centre de gravité est nul à cause du fait que l'association électron-positron s'effectue avec annihilation des charges; 3° qu'on peut préciser en quelque sorte un processus intératomique concernant la formation des photons de rayonnement par exitation (atome de Bohr).

Dans ce but on observe d'abord qu'on peut généraliser la relation (2), si l'on admet que les particules composantes possèdent une énergie cinétique ε_{cin}, sous la forme

$$\lambda' = \pm \frac{\varepsilon}{h}, \tag{3}$$

où ε désigne l'énergie totale du système composé.

Soit maintenant un gaz d'électrons en présence d'un gaz de positons, dont les composantes ne soit plus indépendantes, mais en action réciproque définie par (3). Pendant leurs processus d'association il y aura toujours tendance vers la fusion, dont la probabilité est réglée par (3). Si ε est l'énergie d'un électron (le positon correspondant étant supposé en repos), la probabilité qu'un atome matériel (il doit toujours intervenir dans un tel processus) absorbe un électron, sera donnée par $1/(e^{\varepsilon/\mathrm{KT}}+1)$ (statistique de Fermi). Soit ω la fréquence d'absorption de l'atome considéré. Cet atome sera alors en état d'absorber une énergie $\hbar\omega$. On peut dans ce cas imaginer que l'interaction (3) soit implicitement contenue dans le fait même que l'atome ne peut absorber que des positons dont l'énergie est justement $\hbar\omega - \varepsilon$. La probabilité d'une telle éventualité est $1/(e^{h\omega-\varepsilon/\mathrm{KT}}+1)$ (Fermi). Sous cette condition on peut considérer les deux systèmes de particules électroniques comme indépendants. La probabilité totale sera donc $1/(e^{\varepsilon/\mathrm{KT}}+1) \cdot 1/(e^{h\omega-\varepsilon/\mathrm{KT}}+1)$. Si l'on tient compte de (3) et si l'on pose $\lambda'/\omega = x$, en effectuant la sommation pour toutes les valeurs positives et négatives de x, on trouve

$$\sum_{x=-\infty}^{+\infty} \frac{y^{x+1}}{(1+y^{x+1})(1+y^{x})} = \frac{y}{1-y} \qquad \text{avec} \quad y = e^{-\frac{h\omega}{}},$$

relation établie par M. Jordan. On obtient ainsi une distribution Bose-Einstein pour les corpuscules résultants (photon).

2. Supposons, dans l'équation du photon, qu'on mette en évidence les charges des particules composantes, par la présence d'un champ magnétique extérieur $\vec{\mathrm{A}}$. On a alors

$$\left\{ c\vec{\alpha}^{(1)}\left(\vec{p}^{(1)} - \frac{e}{c}\vec{\mathrm{A}}\right) + c\vec{\alpha}^{(2)}\left(\vec{p}^{(2)} + \frac{e}{c}\vec{\mathrm{A}}\right) \right\} \Phi = h_i \frac{\partial \varphi}{\partial t}.$$

Transformons cette équation par rapport aux coordonnées du centre de gravité et prenons la moyenne par rapport au mouvement relatif dont la fonction d'onde soit φ. On a

$$\int_{\text{m. r.}} \varphi^* \mathrm{VP} \varphi \, d\tilde{\imath} = -\frac{e}{c} \vec{\mathrm{A}} \left\{ \int_{\text{m. r.}} \varphi^* \vec{\alpha}^{(1)} \varphi \, d\tilde{\imath} - \int_{\text{m. r.}} \varphi^* \vec{\alpha}^{(2)} \varphi \, d\tilde{\imath} \right\} = 0.$$

La valeur moyenne du mouvement relatif est égale à la différence des courants électriques d'univers dus aux deux charges. Ils sont égaux et par suite se détruisent. Donc la disparition du mouvement relatif est une conséquence du fait que les deux charges sont égales et de signes contraires. On retrouve ainsi le théorème classique. Il n'est donc pas satisfaisant d'employer cette circonstance même pour définir les états fondamentaux des électrons et des positons au moment de leur association afin de former un photon; comme le suggère M. J.-L. Destouches en reprenant notre idée initiale ([2]). Les états fondamentaux dans lesquels doivent se trouver les positons et les électrons pour être capables de constituer des photons sont définis par l'effet d'interaction qui détruit leurs masses au repos.

3. D'après (2) le positon possède une énorme affinité pour l'électron. Il est très plausible d'admettre que son affinité pour la matière est du même ordre de grandeur. Dans l'intérieur de l'atome il n'y a pas de photons libres. Si l'on soumet alors un atome à une excitation extérieure, un photon va pénétrer dans l'atome et rencontrer un électron d'énergie ε_i.

Si les circonstances sont favorables il se décomposera dans un positon et un électron d'énergie ε_j. Le positon libre va s'unir aussitôt à l'électron pour former un nouveau photon qui sera émis avec l'énergie $h\omega$ *donnée par la loi* (3) *qui règle la formation des photons*, à savoir $h\omega = \varepsilon_i - \varepsilon_j$. La durée d'un tel phénomène est $1/\lambda^n . 10^{-8}$ sec, durée du même ordre de grandeur que celle connue pour l'état d'excitation d'un atome rayonnant. Cette image est peut-être capable de préciser le sens physique de la condition de la fréquence de Bohr.

([2]) *Comptes rendus*, **202**, 1936, p. 921.

SPECTROSCOPIE. — *Influence de la pression sur la fonction d'excitation des bandes de la molécule d'azote ionisée.* Note [1] de M. **R. Bernard**, présentée par M. Charles Fabry.

Les travaux relatifs à l'excitation, par choc électronique, des bandes négatives de l'azote, ont fourni jusqu'ici des résultats en apparence inconciliables. En particulier, le maximum de la fonction d'excitation a été observé vers 130 volts ou vers 50 volts.

Afin de rechercher la cause de ces divergences, j'ai repris l'étude de l'évolution des bandes N_2^+ en fonction du potentiel excitateur, d'après des spectrogrammes correspondant à des pressions échelonnées entre 0,001 et $0^{mm},5$ de mercure. Les mesures d'intensité ont permis de mettre en évidence une influence profonde de la pression sur la forme de la courbe qui représente les variations de la fonction d'excitation. Les clichés se rapportant à une pression inférieure à $0^{mm},03$ donnent une fonction d'excitation présentant un maximum vers 48 volts, tandis que les spectrogrammes relatifs aux pressions plus élevées conduisent à une courbe d'intensité caractérisée par un maximum très aplati vers 140 volts. Le passage d'un type de courbe à l'autre a lieu très brusquement. Par exemple, pour une pression de $0^{mm},026$, le maximum s'observe encore nettement vers 50 volts; il est rejeté au delà de 150 volts lorsque la pression devient égale à $0^{mm},03$. Dans ce dernier cas, le calcul du libre parcours moyen de l'électron montre que celui-ci, égal à 15^{mm}, est alors très voisin du diamètre de l'anode collectrice (14^{mm}). La transition brusque se produit donc dès que le libre parcours moyen des électrons excitateurs devient égal à la distance des électrodes du tube utilisé.

Ces observations permettent d'expliquer les résultats des travaux antérieurs, et suffisent pour interpréter très correctement l'allure générale et même les particularités des diverses courbes expérimentales :

1° *Pressions très faibles.* — Chaque électron rencontre au plus une molécule avant d'atteindre l'anode. Dans ces conditions, on détermine la fonction d'excitation vraie, qui présente un maximum vers 48 volts.

2° *Pressions élevées.* — L'électron subit nécessairement plusieurs chocs entre le filament incandescent et la plaque. Lors de chaque collision, si

(1) Séance du 8 février 1937.

son énergie dépasse encore 18,87 e.V., l'électron porte la molécule au niveau $N_2^+(^2\Sigma)_u$, d'où elle retombe au niveau normal $N_2^+(^2\Sigma)_g$ en émettant une composante du système négatif.

L'intensité mesurée expérimentalement doit être considérée comme la

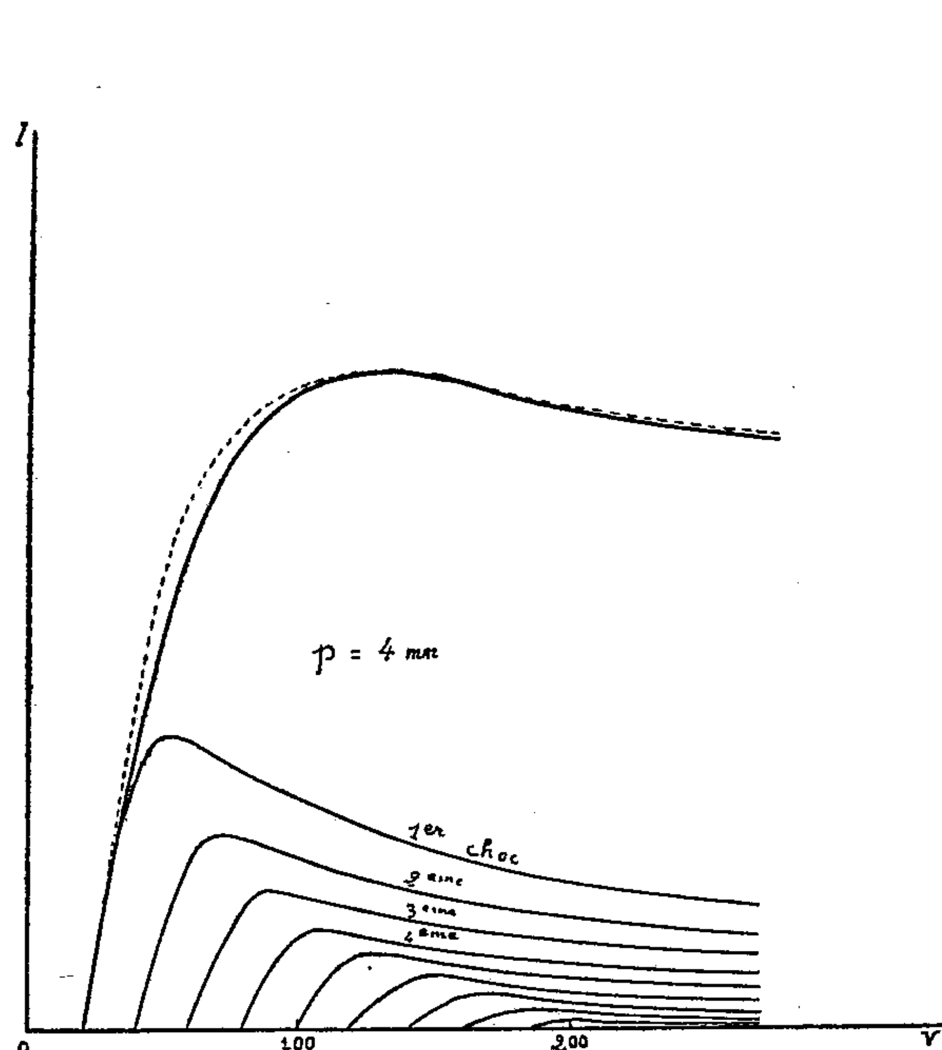


Fig. 1.

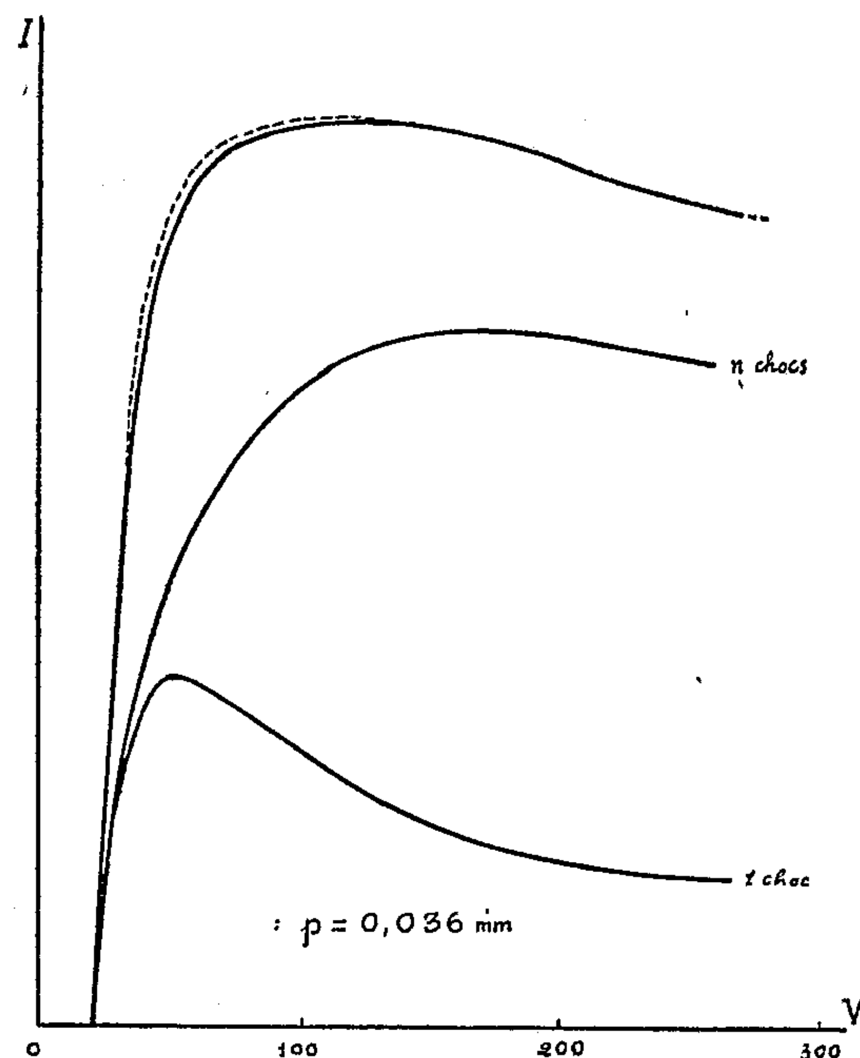


Fig. 2.

somme des intensités correspondant à des molécules excitées au cours de ces chocs successifs. La fonction d'excitation résultante, déterminée graphiquement (*fig.* 1), est bien celle qu'indique l'expérience (courbe en pointillé).

3° *Pressions moyennes*. — Ce sont celles pour lesquelles le libre parcours moyen des électrons est de l'ordre des dimensions des électrodes. Certains électrons atteignent la plaque après un seul choc et d'autres, au contraire, donnent lieu à des collisions multiples. La fonction d'excitation obtenue expérimentalement résulte encore de la superposition des fonctions correspondant à ces deux catégories d'électrons.

Tenant compte des fluctuations qui se produisent dans le libre parcours et de la répartition des trajectoires dans le tube, il est possible d'apprécier, tout au moins grossièrement, les nombres relatifs des électrons qui participent aux deux modes d'excitation. Pour des pressions de 0,036 et $0^{mm},026$

de mercure, les libres parcours sont respectivement 12,5 et 18^{mm}, et la proportion des électrons subissant un choc unique est voisine de 50 pour 100 et 65 pour 100. Les figures 2 et 3, établies à partir de ces données, montrent

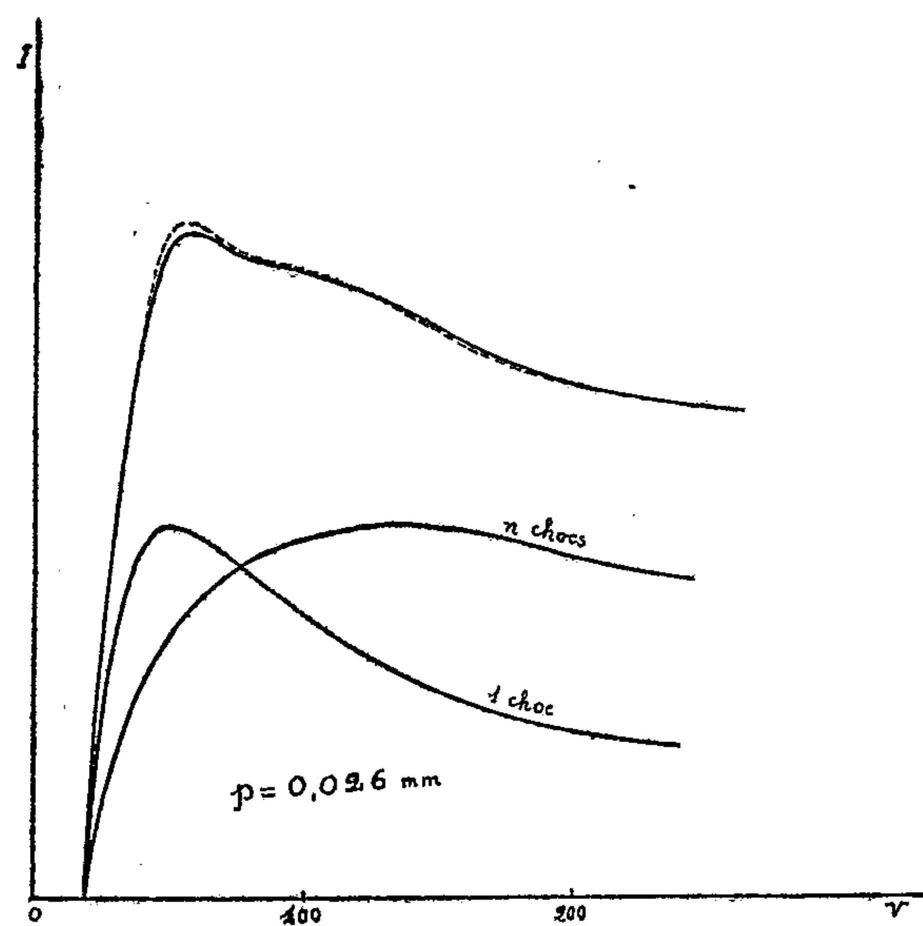


Fig. 3.

que l'accord est excellent entre les courbes prévues théoriquement et les courbes expérimentales (indiquées en pointillé).

En résumé, la fonction d'excitation vraie des bandes négatives de l'azote présente bien un maximum vers 48 volts. Pour la déterminer expérimentalement, il est indispensable d'opérer sous des pressions très faibles, pour lesquelles le libre parcours moyen des électrons est grand par rapport aux dimensions des électrodes de l'appareil.

THERMOCHIMIE. — *Les valeurs intrinsèques des liaisons* (C — C) *et* (C — H) *dans les hydrocarbures*. Note (¹) de M. **Marcus Brutzcus**, présentée par M. Jean Perrin.

La spectroscopie nous a donné les valeurs énergétiques exactes pour la dissociation des liaisons (par molécule-grammes)

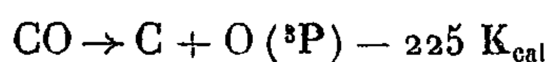
$$L_i(H - H) = 102{,}72 + 0{,}02\ K_{cal}, \qquad L_i(O = O) = 116{,}2 + 0{,}2\ K_{cal},$$

(¹) Séance du 8 février 1937.

et a établi le fait que la transformation de l'atome C de l'état bivalent (niveau ^3P) à l'état tétravalent (niveau ^5S) exige environ 100 K_{cal} [ou d'après nos calculs thermochimiques 102,72 K_{cal} exactement la valeur de la liaison $L_i(H-H)$]. Par conséquent, l'équation thermochimique de la combustion de $CO - CO^2$ doit être écrite de la manière suivante :

$$L_i(CO - O) = P_{cal}(CO + O) + L_i(O = O) + (V_2 - V_4)$$
$$= \quad 67{,}345 \quad + \quad 58{,}2 \quad + \quad 102{,}72 \quad = 228{,}26\ K_{cal}.$$

D'autre part, Victor Henri a trouvé pour la réaction

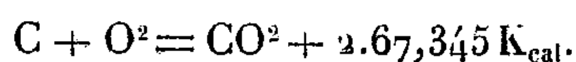


$$CO \rightarrow C + O(^3P) - 225\ K_{cal}$$

(voir le Recueil *Molekulstruktur*, 1931, p. 141), ou, d'après nos calculs aussi, 228,26 K_{cal}. Il n'y a aucun doute que dans le cas d'oxydation de l'atome gazeux, libre et neutre C en CO, l'énergie engendrée de 228,26 K_{cal} se distribue de la même manière que dans la réaction $CO \rightarrow CO^2$, une asymétrie de quatre valences de l'atome C n'ayant jamais été observée, à savoir : 67,345 K_{cal} se dégageront en dehors, 58,2 K_{cal} seront employées pour la dissociation de $1/2\, L_i(O = O)$ et 102,72 K_{cal} seront dépensées pour porter l'atome neutre C à l'état bivalent. Il s'ensuit :

$$(V_2 - V_4) = (V_0 - V_2) = \frac{1}{2}(V_0 - V_4) = 102{,}72\ K_{cal}.$$

Dès à présent on peut admettre avec certitude que l'atome C gazeux et libre brûle d'après l'équation



$$C + O^2 = CO^2 + 2.67{,}345\ K_{cal}.$$

C'est ce chiffre 134,69 qui doit servir comme base pour le calcul des chaleurs de formation. Il s'ensuit que l'atome C brûle d'après l'équation

$$L_i(C - O^2) = P_{cal}(C + O^2) + L_i(O = O) + (V_0 - V_4)$$
$$= \quad 134{,}69 \quad + \quad 116{,}4 \quad + \quad 2.102{,}72 \quad = 456{,}53\ K_{cal}.$$

L'atome d'hydrogène brûle d'après l'équation thermochimique

$$L_i(H - O) = \tfrac{1}{2}[P_{cal}(H^2 + O) + \tfrac{1}{2}L_i(O = O)] + \tfrac{1}{2}L_i(H - H)$$
$$= \tfrac{1}{2}[\quad 67{,}426 \quad + \quad 58{,}2 \quad] + \quad 51{,}36 \quad = 114{,}17\ K_{cal}.$$

Il s'ensuit

$$L_i(C - O^2) = 4L_i(H - O), \qquad P_i(C^m H^n) = (m + n/4)\, 456{,}6\ K_{cal}.$$

Alors, pour l'oxydation d'un hydrocarbure quelconque $C^m H^n$,

$$(1)\quad P_{at}(C^m H^n) = m L_i(C - O^2) + n L_i(H - O)$$
$$= m P_{cal}(C + O^2) + \tfrac{1}{2} n P_{cal}(H^2 + O) + (m + n/4) L_i(O = O)$$
$$+ \tfrac{1}{2} n L_i(H - H) + m(V_0 - V_4).$$

Pour la chaleur $P_{at}(C^m H^n)$ on peut établir encore une autre équation

$$(2)\quad P_{at}(C^m H^n) = P_{cal}(C^m H^n) + \Sigma L_i(C^m H^n)$$
$$+ (m + n/4) L_i(O - O) - (m - m')(V_0 - V_4) - m'(V_2 - V_4).$$

L'expression $-(m - m')(V_0 - V_4) - m'(V_2 - V_4)$ doit être déduite en raison du fait que, dans un hydrocarbure $C^m H^n$, en général $(m - m')$ atomes sont déjà portés à l'état tétravalent et m' atomes C sont déjà en état bivalent. En faisant fusionner les équations (1) et (2) et après la substitution des valeurs trouvées ci-dessus on obtient

$$\Sigma L_i(C^m H^n) = \left[\left(m.134,69 + \frac{1}{2} n.67,426\right) - P_{cal}(C^m H^n)\right]$$
$$+ \left(\frac{1}{2} n + 4m - m'\right).102,72\ K_{cal},$$

d'où l'on peut calculer $\Sigma L_i(C^m H^n)$ pour tous les hydrocarbures. Les résultats de tels calculs sont donnés dans les tables ci-dessous.

Sur la base des chiffres trouvés pour $\Sigma L_i(C^m H^n)$ pour les corps de la série aliphatique, on peut calculer par la voie d'équations algébriques, les valeurs énergétiques *moyennes* intrinsèques

$$L_i(C - H) = 167,7\ K_{cal}, \qquad L_i(C - C) = 223,5\ K_{cal}.$$

Ce sont les valeurs intrinsèques; en réalité, au moment de la dissociation d'une $L_i(C - H)$, 51,36 K_{cal} et au moment de la dissociation de $L_i(C - C)$, 102,72 K_{cal} deviennent libres, à cause de la diminution du nombre de valences des atomes C. C'est pourquoi les valeurs de ces liaisons qu'on peut obtenir par voie spectroscopique doivent être

$$L_i(C - H) = 167,7 - 51,36 = 116,34\ K_{cal},$$
$$L_i(C - C) = 223,5 - 102,72 = 120,78\ K_{cal}.$$

	CH^4.	C^2H^6.	C^5H^{12}.	H—C—H.
1. $m.L_i(C-O^2) + n.\frac{1}{2}L_i(H-O)$	269,5	471,7	1078,0	202,1
2. $P_{cal}(C^m H^n)$ ... E =	211,6	371,3	842,9	156,7
3. Chaleur de formation	57,9	100,4	235,1	45,4
4. $(\frac{1}{2}n + 4m - m').102,72$	616,3	1130,0	2670,7	513,6
5. $\Sigma L_i(C^m H^n)$	674,2	1230,4	2905,8	559,0
6. $(m-1).223,5 + n.167,7 + m'.102,7$	670,8	1229,7	2906,4	558,9

	Éthylène C^2H^4.	Acétylène C^2H^2.	Cyclohexène C^6H^{10}.	Benzène C^6H^6.
1. $m.L_i(C-O^2)+\frac{1}{2}n.L_i(H-O)$	404,2	336,8	1145,2	1010,4
2. $P_{cal}(C_mH^n)$ ....E =	332,2	311,6	904,0	786,5
3. Chaleur de formation	72,0	25,2	241,2	223,9
4. $(\frac{1}{2}n+4m-m').102,72$	924,4	719,9	2876,7	2773,4
5. $\Sigma L_i(C^mH^n)$	996,4	744,2	3117,9	2997,3
6. $(m-1).223,5+n.167,7+m'.102,72$...	996,4	763,8	3120,7	3017,7

Au lieu de $(m-1)$, il faut compter : pour les corps cycliques, $-m$; aromatiques, $-1\frac{1}{2}m$.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Tension de vapeur des carbures gazeux saturés et non saturés aux basses températures.* Note de M. **René Delaplace**, présentée par M. Jean Perrin.

J'ai décrit (¹) une technique qui permet de mesurer d'une façon précise la conductibilité des gaz sous faible pression; réciproquement, à partir des courbes obtenues (²), il est facile de déterminer la pression d'un gaz en fonction de la température. Cette méthode est particulièrement précieuse puisqu'elle permet de mesurer les faibles pressions de gaz condensables qui ne suivent pas la loi de Mariotte.

Les gaz étudiés : éthane, propane, butane, isobutane, éthylène, propylène, α-butylène, isobutylène et acétylène ont la même pureté que ceux signalés dans les Notes citées; ils sont liquéfiés puis solidifiés à — 196° dans un appareil de pyrex dont le tube laboratoire est constitué par un ballon à fond plat. Ce tube, baignant dans l'alcool absolu, est lui-même enfermé dans un bloc d'aluminium pur épais terminé par un cône; le tout est plongé dans un grand Dewar plein d'azote liquide. Des couples thermoélectriques cuivre-constantan permettent de connaître la température au fond du tube laboratoire. Il est aisé de maintenir celle-ci constante en réglant soigneusement le niveau de l'azote liquide par rapport à la pointe du bloc d'aluminium.

J'ai mesuré la courbe de tension de vapeur en réchauffant lentement le

(¹) *Comptes rendus*, **203**, 1936, p. 1505.
(²) *Comptes rendus*, **204**, 1937, p. 263.

gaz liquéfié ou solidifié, puis en refroidissant lentement le système; dans les deux cas les courbes coïncident. Les résultats obtenus sont consignés dans le tableau suivant.

Températures.	Éthane.	Propane.	Isobutane.	Butane.	Éthylène.	Propylène.	Isobutylène.	α-Butylène.	Acétylène.
−196°	-	-	-	-	-	-	-	-	-
−195	-	-	-	-	-	-	-	-	-
−194	-	-	-	-	-	-	-	-	-
−193	-	-	-	-	-	-	-	-	-
−192	-	-	-	-	-	-	-	-	-
−191	-	-	-	-	-	-	-	-	-
−190	0,5	-	-	-	-	-	-	-	-
−189	-	-	-	-	-	-	-	-	-
−188	1	-	-	-	-	-	-	-	-
−187	-	-	-	-	0,50	-	-	-	-
−186	2	-	-	-	1	-	-	-	-
−185	-	-	-	-	2	-	-	-	-
−184	3	-	-	-	4	-	-	-	-
−183	3,70	0,50	-	-	6	-	-	-	-
−182	4,80	-	-	-	10	-	-	-	-
−181	5,70	-	-	-	16	-	-	-	-
−180	6,80	1	-	-	25	-	-	-	-
−179	8	-	-	-	37	-	-	-	-
−178	9,60	1,50	-	-	51	-	-	-	-
−177	11,50	-	-	-	68	-	-	-	-
−176	13,50	2	-	-	98	-	-	-	-
−175	17	-	-	-	111	-	-	-	-
−174	22	-	-	-	138	-	-	-	-
−173	31	-	-	-	165	-	-	-	0,50
−172	44	3	-	-	-	-	-	-	-
−171	64	-	-	-	-	0,50	-	-	1,70
−170	85	3,70	-	-	-	1	-	-	2,30
−169	105	-	-	-	-	1,50	-	-	3
−168	138	4,50	-	-	-	2	-	-	4
−167	-	-	-	-	-	2,70	-	-	5
−166	-	6	-	-	-	3,30	-	-	6,50
−165	-	7	-	-	-	4	-	-	8,30
−164	-	8,30	-	-	-	5	-	-	11
−163	-	9,70	-	-	-	6	-	-	14
−162	-	11	-	-	-	7	-	-	18
−161	-	12,50	0,50	-	-	8	-	-	23
−160	-	14,50	-	-	-	9,50	-	-	28
−159	-	16,50	1	-	-	11,50	-	-	35
−158	-	19,30	-	-	-	13,50	-	-	48
−157	-	23	-	-	-	16	0,50	-	62
−156	-	26,50	2	-	-	19	-	-	78
−155	-	33,30	-	-	-	22	1	-	94

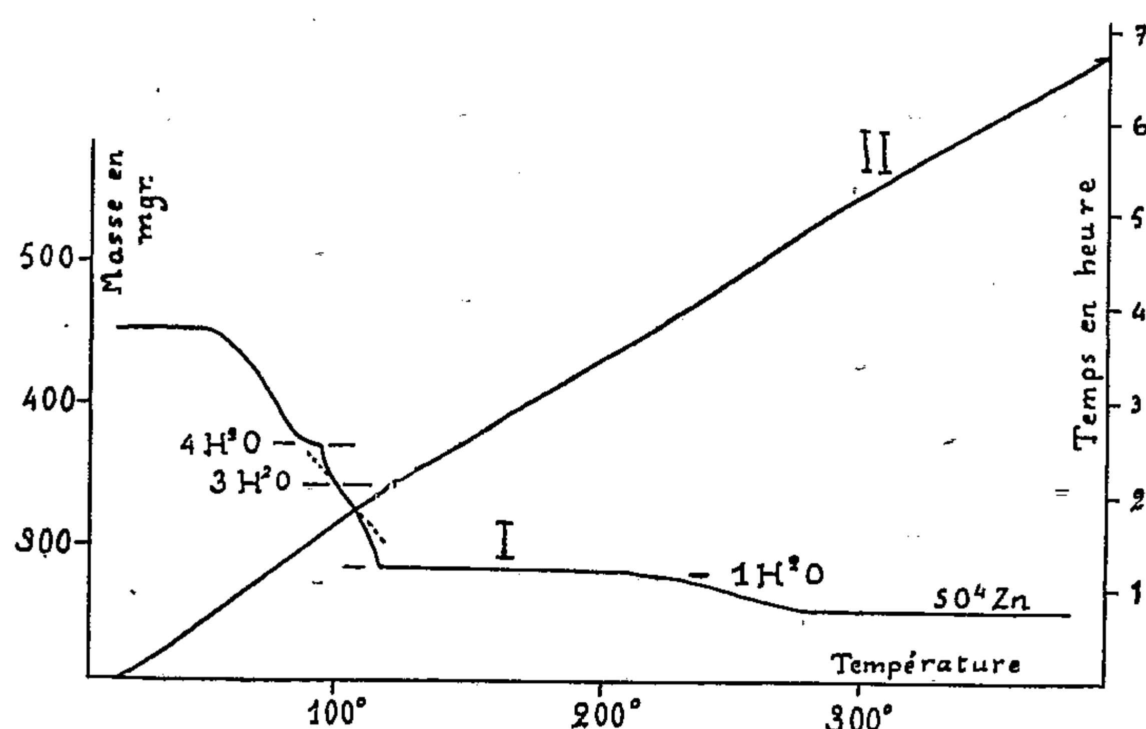
Températures.	Éthane.	Propane.	Isobutane.	Butane.	Éthylène.	Propylène.	Isobutylène.	α-Butylène.	Acétylène.
—154....	–	35	3	0,50	–	25	–	0,50	110
—153....	–	40	3,70	–	–	26	2	–	130
—152....	–	45,50	4,30	1	–	36	2,50	1	150
—151....	–	54	5,30	–	–	44	3	–	–
—150....	–	64	6,30	1,50	–	54	3,50	1,50	–
—149....	–	76,50	7,50	2	–	67	4	2	–
—148....	–	97	9	2,50	–	97	4,80	2,50	–
—147....	–	150	10,50	3	–	146	5,50	3	–
—146....	–	–	12	3,70	–	–	6,50	3,70	–
—145....	–	–	14	4,70	–	–	7,50	4,70	–
—144....	–	–	16	5,50	–	–	8,50	5,50	–
—143....	–	–	18	6,50	–	–	9,50	6,50	–
—142....	–	–	20,50	7,50	–	–	11	7,50	–
—141....	–	–	23,30	8,30	–	–	12	8,30	–
—140....	–	–	26,30	9,50	–	–	13,80	11	–
—139....	–	–	30	11	–	–	15	13	–
—138....	–	–	34,50	13	–	–	17,50	15	–
—137....	–	–	42	15	–	–	20,50	17	–
—136....	–	–	45	17	–	–	23	20	–
—135....	–	–	51	19,50	–	–	27	24	–
—134....	–	–	59	22,50	–	–	33	28	–
—133....	–	–	69	25,50	–	–	39	33	–
—132....	–	–	81	29,50	–	–	47	40	–
—131....	–	–	103	34	–	–	56	52	–
—130....	–	–	150	40	–	–	66	66	–
—129....	–	–	–	46,50	–	–	80	80	–
—128....	–	–	–	54	–	–	97	97	–
—127....	–	–	–	62,50	–	–	105	105	–
—126....	–	–	–	72,50	–	–	135	135	–
—125....	–	–	–	85	–	–	–	–	–
—124....	–	–	–	105	–	–	–	–	–
—123....	–	–	–	128	–	–	–	–	–
—122....	–	–	–	149	–	–	–	–	–
—121....	–	–	–	–	–	–	–	–	–
—120....	–	–	–	–	–	–	–	–	–

Ces déterminations systématiques des tensions de vapeur des carbures saturés et non saturés aux basses températures ont été effectuées, pour la première fois, en vue de la séparation et du dosage précis des gaz de mêmes familles chimiques.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur un tétrahydrate du sulfate de zinc.* Note [1] de M. **Pierre Vallet**, présentée par M. Georges Urbain.

Jusqu'ici seuls l'hexahydrate et le monohydrate du sulfate de zinc ont été obtenus par voie sèche, à partir de l'heptahydrate.

J'ai étudié la déshydratation de cet heptahydrate en le chauffant en température linéairement croissante. J'ai donné antérieurement une courbe



Déshydratation d'un cristal unique (445^{mg}) d'heptahydrate de sulfate de zinc effleuri ($SO^4Zn + 6,80\ H^2O$), dans un courant d'air saturé de vapeur d'eau à 22°C. en température linéairement croissante. La courbe I est la courbe masse-température, la courbe II est la courbe temps-température.

enregistrée relative à une telle déshydratation [2]; sur la courbe masse-température I de cette figure, seul, le monohydrate est indiqué par le palier BC. J'ai analysé mathématiquement la portion AB de cette même courbe comme je l'ai déjà expliqué [3], x désignant la fraction de la masse d'heptahydrate non transformée en monohydrate, si l'on représente les variations de $\log\log 1/x$ en fonction de la température, la transformée bilogarithmique ainsi obtenue présente un point anguleux que j'ai attribué au passage éventuel de l'hexahydrate, *ou peut-être d'un nouvel hydrate inférieur*, au monohydrate.

Pour éprouver cette hypothèse, j'ai repris l'étude de la déshydratation

---

(1) Séance du 8 février 1937.

(2) *Comptes rendus*, 198, 1934, p. 1860, *fig.* 4.

(3) *Comptes rendus*, 200, 1935, p. 315, et *Thèse*, Paris, 1936, 3e Partie.

de l'heptahydrate en température linéairement croissante, en en modifiant les conditions [4]. J'ai examiné ainsi l'influence de :

1° *La vitesse d'échauffement :* en diminuant la vitesse d'échauffement, j'ai seulement précisé l'existence du point anguleux sur les transformées logarithmiques des courbes masse-température;

2° *La quantité de matière :* en diminuant la quantité de matière (de 600 à 200^{mg}), j'ai obtenu un point d'inflexion à tangente horizontale correspondant à l'hexahydrate déjà connu;

3° *L'état initial de la matière :* en chauffant un cristal unique de 445^{mg}, légèrement effleuri ($SO^4Zn + 6{,}80\ H^2O$), dans un courant d'air saturé de vapeur d'eau à 22° C., j'ai obtenu un palier correspondant à un tétrahydrate qui n'avait pas encore été signalé (cf. figure).

Remarque. — La courbe masse-température ci-jointe présente un point d'inflexion qui paraît indiquer l'existence d'un trihydrate que j'essaye actuellement de préciser.

Confirmation des résultats par les rayons X. — Je me suis assuré que le diagramme X du tétrahydrate pulvérulent est différent de ceux des hepta, hexa et monohydrate pulvérulents.

Conclusion. — Ce tétrahydrate n'avait pas été trouvé par l'étude statique de la déshydratation de l'hepta ou de l'hexahydrate. C'est grâce à l'analyse mathématique des courbes fournies par la méthode de M. Guichard que son existence m'a été révélée. C'est enfin, en variant les conditions d'emploi de cette méthode, comme j'en ai montré antérieurement la nécessité, que j'ai pu l'isoler. Ainsi se trouve confirmé l'intérêt de résultats déjà acquis.

CHIMIE MINÉRALE. — *Action de l'alcool sur les solutions aqueuses de tellurate de potassium.* Note [1] de M. **Marcel Patry.**

Si l'on ajoute de l'alcool à une solution aqueuse concentrée de tellurate neutre de potassium, le système se sépare instantanément en deux couches liquides. La plus dense, visqueuse, riche en tellure, contient un peu d'eau et d'alcool. La plus légère consiste en une émulsion, riche en tellure, dans

(4) *Thèse*, Paris, 1936, 2e Partie.

(1) Séance du 8 février 1937.

une solution hydroalcoolique, pauvre en tellure. Si la concentration de la solution initiale est inférieure à M/6 la séparation n'est plus aussi nette, on obtient seulement une émulsion dont les gouttelettes microscopiques s'agglomèrent à la longue pour former sur les parois du récipient une couche liquide, visqueuse, plus ou moins continue. Le système évolue longtemps après sa formation. Avec un fort excès d'alcool la couche inférieure durcit, d'une façon continue, jusqu'à l'état solide amorphe. La couche supérieure se clarifie peu à peu, les gouttelettes se séparant, soit par sédimentation, soit en se fixant sur les parois du récipient.

1° *Conditions de formation.* — La séparation en deux couches liquides se produit non seulement avec les solutions de tellurate neutre, mais encore avec des solutions alcalines ($K/Te > 2$), ou faiblement acides (K/Te compris entre 1,5 et 2). Cependant, en présence d'un excès d'alcali, la couche inférieure est très instable, le sel TeO^4K^2, $4,5H^2O$ cristallisant spontanément.

La quantité d'alcool nécessaire pour provoquer la séparation varie évidemment avec la concentration et la température. Pour une solution moléculaire de tellurate neutre elle est, à la température de 20°, de 20 pour 100 d'alcool dans l'eau.

2° *Évolution des phases après la séparation.* — Immédiatement après la séparation, les proportions relatives de l'alcool et de l'eau dans les deux couches sont très différentes. L'évolution se produit dans le sens favorable à leur égalisation. La couche inférieure perd donc de l'eau, de plus en plus lentement, la viscosité du milieu rendant les échanges difficiles. Au contraire la composition chimique du système : acide tellurique, potasse, représentée par le rapport K/Te reste dans chaque phase inaltérée.

3° *Composition des phases.* — Dès la séparation, on peut doser dans chacune des trois phases, l'alcool, l'eau, le tellure et le potassium. La détermination de l'eau et de l'alcool ne présente un intérêt que dans la couche inférieure. Je me limite à signaler que, suivant les conditions, la quantité d'eau varie entre 15 et 2^{mol} par atome de tellure. Les plus grandes valeurs sont obtenues par addition à une solution diluée de tellurate neutre de la quantité d'alcool juste nécessaire à la séparation, les plus faibles par épuisements répétés à l'alcool anhydre. Le dosage de l'alcool est difficile. Les valeurs les plus élevées ne dépassent pas 5 pour 100. La détermination du rapport K/Te a fait l'objet de nombreuses analyses. On doit tenir compte des facteurs suivants : température, concentration en tellure et rapport K/Te dans la solution aqueuse initiale, concentrations relatives de l'eau et

de l'alcool (ce dernier facteur n'intervient d'ailleurs que pour les faibles proportions d'alcool).

Sauf pour les solutions contenant un excès d'alcali et donnant naissance à un système instable, le rapport K/Te dans la couche inférieure est toujours plus petit que 2. A partir de solutions neutres, on obtient des valeurs comprises entre 1,62 et 1,94. Les plus élevées, supérieures à 1,9, correspondent à des solutions très concentrées ou à une addition très ménagée d'alcool. Elles représentent des systèmes relativement instables, pouvant cristalliser par agitation énergique. Au contraire une valeur inférieure à 1,9 est une garantie de stabilité, l'addition d'un cristal de tellurate à $4,5H^2O$ étant même insuffisante pour provoquer la cristallisation de la couche inférieure. La séparation d'une solution initialement acide se traduit généralement par une diminution du rapport K/Te dans la couche inférieure. Cependant, toutes les conditions restant égales par ailleurs, il existe une valeur limite pour laquelle les rapports K/Te dans la solution initiale et dans la couche inférieure sont sensiblement les mêmes. Voici d'ailleurs quelques valeurs numériques :

K/Te (solution initiale).	Concentration (Te/litre solution initiale).	Tempé-rature.	K/Te (couche inférieure).	Alcool/eau.
2	0,17	20	1,63	3
2	1	20	1,82	3
2	3	20	1,92	3
2	1	80	1,77	3
2	1	20	1,90	0,2
2	1	20	1,81	1
1,82	1	20	1,71	3
1,6	1	20	1,59	3

L'influence des différents facteurs s'exerce donc dans le même sens que pour un phénomène d'hydrolyse simple. C'est à cette cause que nous attribuons d'ailleurs ces résultats. Nous savons que les solutions de tellurate neutre de potassium sont notablement hydrolisées. Le tellurate acide, peu soluble dans l'eau, est moins soluble que le sel neutre dans les mélanges eau-alcool. L'application du principe du déplacement de l'équilibre permet donc d'expliquer la présence de tellurate acide en quantité considérable dans la phase précipitée.

Dans la couche supérieure nous avons déterminé le rapport K/Te à la fois dans le milieu de dispersion et dans la phase dispersée. L'excès d'alcali est retrouvé presque intégralement dans la solution hydroalcoolique. La

composition de la phase dispersée se rapproche de celle de la couche inférieure, l'adsorption d'alcali à la surface des gouttelettes pouvant même rendre compte des différences observées.

Dans les conditions que nous avons précisées plus haut, *système stable*, la phase inférieure peut être amenée d'une façon continue, par déshydratation, à l'état de gel, puis à l'état solide amorphe. Les rayons X donnent toujours un diagramme de liquide. La teneur en eau du produit solide, inférieure à 2^{mol} par atome de tellure, montre qu'il s'agit d'un métatellurate. Il existe donc, à côté des différentes variétés cristallines, une variété amorphe de tellurate neutre.

Le phénomène décrit dans cette Note diffère nettement des cas bien connus de démixtion. Il se rapproche au contraire beaucoup de la coacervation et de la synérèse des solutions colloïdales.

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur un bromure double de fer et d'ammonium.* Note [1] de M. **Jean-Marie Mercier**, présentée par M. G. Urbain.

A la température ordinaire, par cristallisation dans le vide sulfurique d'une solution aqueuse contenant du bromure ferreux et du bromure d'ammonium en proportion équimoléculaire, nous avons obtenu des cristaux blancs semblables aux *squelettes en forme de fougère* dont parle J. W. Retgers [2]. L'analyse nous a permis de les considérer comme du bromure d'ammonium pur.

Après extraction de ces cristaux blancs, la solution a laissé déposer par évaporation de beaux cristaux vert pâle différents par leur aspect (forme et couleur) des deux constituants.

Les analyses effectuées sur ces cristaux nous conduisent à leur attribuer la formule $[Fe^{II}Br^3]NH^4 . 6H^2O$ [3].

---

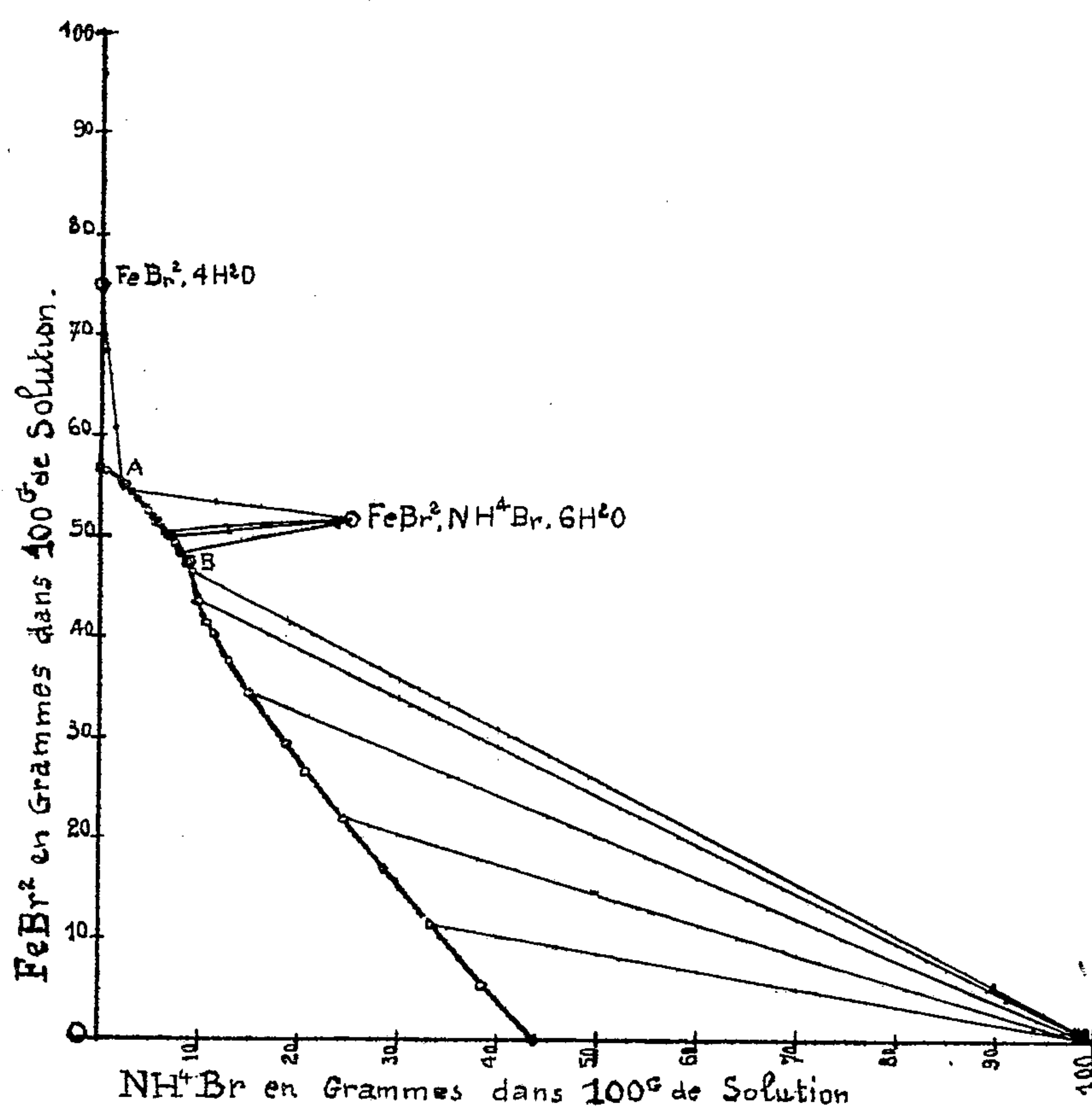
(1) Séance du 1er février 1937.

(2) *Zeit. Phys. Chem.*, 9, 1892, p. 318.

(3)

	Moyenne des dosages effectués sur différentes cristallisations.	Théorie pour le sel $[FeBr^3]NH^4.6H^2O$.
Fe pour 100	13,42	13,24
Br »	56,77	56,85
NH^4 »	4,28	4,27

Nous avons fait cristalliser une série de mélanges contenant des quantités variables du sel ferreux pour une même concentration du sel d'ammonium. Le bromure double a pris naissance directement, sans dépôt préalable de bromure d'ammonium, dans des solutions contenant de 3 à 9^{mol} du bromure ferreux pour 1^{mol} de bromure d'ammonium. C'est à partir du mélange constitué par 4^{mol} du sel de fer pour 1^{mol} du sel d'ammonium que nous l'avons toujours préparé par la suite.



Toutes ces cristallisations furent réalisées dans un dessiccateur à vide rempli au préalable de gaz carbonique pour éviter toute oxydation.

Nous avons retrouvé ce bromure double en étudiant par la méthode des solubilités et dans une atmosphère d'azote l'équilibre du système ternaire : bromure ferreux, bromure d'ammonium et eau. La composition des phases solides a été déterminée soit par analyse directe soit par la méthode des restes de Schreinemakers. A titre d'exemple, nous avons représenté

l'isotherme de 25° (*fig.* 1). Les points A et B qui limitent la zone de formation du sel double sont définis de la manière suivante :

Points.	$FeBr^2$ en grammes dans 100^g de solution.	NH^4Br en grammes dans 100^g de solution.
A	55,1	2,4
B	47,8	9,0

Ce bromure double se présente sous la forme de prismes transparents légèrement teintés en vert. Très hygroscopiques en présence d'air humide, ces cristaux deviennent opaques et perdent de l'eau lorsqu'ils sont placés dans une atmosphère desséchante.

Les cristaux pulvérisés présentent aux rayons X un diagramme de Debye et Scherrer caractéristique, nettement distinct des diagrammes des deux bromures simples. Ce fait confirme l'existence du ferrobromure d'ammonium en tant qu'espèce définie.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Action des organomagnésiens mixtes sur les phénylhydrazones des cétones. Nouveau mode d'action des organomagnésiens mixtes.* Note (1) de M. **Panos Grammaticakis**, présentée par M. Marcel Delépine.

J'ai montré (2) que le C^2H^5MgBr agit sur les phénylhydrazones des aldéhydes aromatiques avec formation des alcoylphényldrazines symétriques du type R^1R^2 : C.NH.NH.Ar.

J'ai tenté d'étendre cette réaction aux phénylhydrazones des cétones, en espérant, par analogie avec le cas précédent, obtenir des composés de la forme $R^1R^2R^3$: C.NH.NH.Ar. Mais les résultats obtenus ont été différents.

Ainsi, en condensant le C^2H^5MgBr avec la benzophénone-phénylhydrazone, on obtient de la benzophénone-anile P.F. 112° et un peu de benzophénone. L'action du même magnésien sur l'acétophénone-phénylhydrazone fournit de l'α-phényl-indol (P.F. 187°) et un peu d'acétophénone. Enfin, si l'on fait agir le C^2H^5MgBr sur l'acétone-phénylhydrazone, il se forme de l'α-méthylindol et une très petite quantité d'acétone.

(1) Séance du 8 février 1937.

(2) *Comptes rendus*, 202, 1936, p. 1289.

Dans tous les cas on obtient un peu de matière première n'ayant pas réagi, de l'ammoniaque et une très petite quantité d'aniline.

Ce rôle des organomagnésiens mixtes, comme agents de désamination partielle, sans rupture de la molécule, avec ou sans cyclisation ultérieure, n'a pas encore été signalé, à ma connaissance, dans la littérature chimique.

Il est possible d'interpréter ce comportement des phénylhydrazones des cétones vis-à-vis des organomagnésiens mixtes si l'on admet qu'elles réagissent, faute de la formule vraie, comme si elles étaient constituées par un mélange de formes tautomères : A, B et C en équilibre selon le schéma.

$$\text{(I)}\quad \underset{\text{(A)}}{R^1R^2:C:N.NHAr} \rightleftharpoons \underset{\text{(B)}}{R^1R^2:C{-}N.Ar \ (\text{C et N liés par } NH)} \rightleftharpoons \underset{\text{(C)}}{R^1R^2:C:N(:NH).Ar.}$$

Il est à noter que le schéma (I) des formes des phénylhydrazones doit être complété par l'adjonction des formes dérivant de A, B, et C par un déplacement de la double liaison, avec formation des composés éthyléniques ou azoïques ($R^1R^2:C:C(R).N(:N.H):R^3Ar$, $RR^1R^2:C.N:N.Ar$, etc. (où $R = H$, alcoyl). Toutefois, en se basant sur le schéma I, on peut représenter les réactions ci-dessus par le schéma :

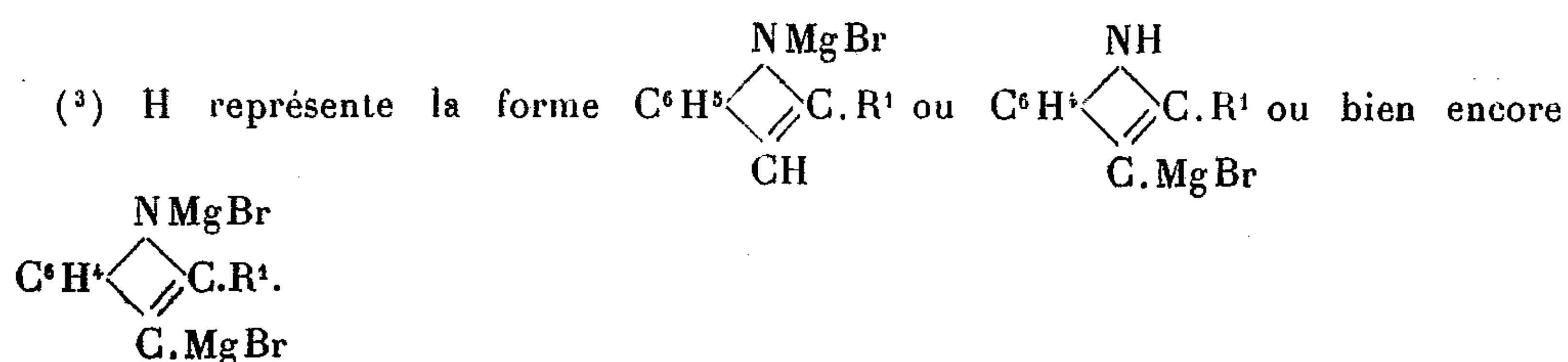
$$\text{(II)}\ \begin{cases} 1.\ \begin{cases} R^1R^2:C:N(:NH).C^6H^5 \xrightarrow{C^2H^5.MgBr} \underset{\text{(E)}}{R^1R^2:C:N(:N.MgBr).C^6H^5} + C^2H^6 \\ \text{(E)} \xrightarrow{(1)} R_1R_2:C:N.C^6H^5 + \underset{\text{(G)}}{N.MgBr} \quad \text{et} \quad \text{(G)} \xrightarrow{H^2O} NH^3 + N^2 \\ \text{(E)} \xrightarrow{(2)} \underset{\text{(H)}}{C^6H^4\langle N(H), CH \rangle C.R^1}, \quad MgBr\,(^3) + NH^2MgBr \xrightarrow{H^2O} C^6H^4\langle NH, CH \rangle C.R^1 + NH^3 \end{cases} \\ 2.\ \underset{\text{(F)}}{R^1R^2:C:N.Ar} \xrightarrow{H^2O} R^1R^2:CO + C^6H^5.NH^2 \quad (R^1, R^2 = CH^3, C^6H^5) \end{cases}$$

Je dois faire, au sujet de ce schéma, les remarques suivantes :

1° L'évolution du complexe (E) dans le sens (2) semble être générale dans le cas où, l'un au moins des radicaux R_1R_2 étant un alcoyl, la

---

(3) H représente la forme



cyclisation indolique devient possible. Dans ces conditions elle est prédominante. Dans les cas de la benzophénole-phénylhydrazone, où $R_1R_2 = C^6H^5$, la transformation du même complexe (E) se fait dans le sens (1).

2° L'hydrolyse des cétone-aniles (F), corps peu stables, se fait au cours de traitements habituels des produits de la réaction et fournit des cétones et de l'aniline.

Je poursuis l'étude de la valeur de cette réaction.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Hydrogénation de quelques glucosides par le nickel actif*. Note de MM. **Maurice-Marie Janot** et **Théodor Tomesco**, présentée par M. Auguste Béhal.

En 1928, T. Kariyone et K. Kondo [1] ont montré que l'hydrogénation catalytique de l'*aucuboside* en solution aqueuse, par le platine donnait du glucose et une aglycone hydrogénée de constitution inconnue mais réduite, tandis que, en milieu alcoolique et par l'oxyde de platine on obtenait une hydrogénation du glucoside sans clivage. Les mêmes auteurs [2] ont ensuite constaté que l'*arbutoside*, en présence de platine, se scindait en glucose et probablement en cyclohexanol, alors que le *salicoside* en présence de chlorure de palladium « *neutralisé* » conduisait à l'orthocrésylglucoside, par réduction de la fonction — CH^2OH en — CH^3.

En 1934, N. K. Richtmyer [3] étendit cette étude à un certain nombre de glucosides naturels et synthétiques. Il démontra que, en présence de palladium : le *benzylglucoside* se coupe, alors que les *phényl*, *phényléthyl* et *phényl-propyl-glucosides* sont réduits en dérivés cyclohexyliques correspondants. Le platine, par contre, scinde indistinctement les *phényl* et *benzylglucosides*.

Il nous a paru utile d'observer comment se comporteraient les glucosides soumis à l'hydrogénation en présence du nickel Raney, en milieu aqueux ou alcoolique, avec ou sans addition d'alcali [4]. Ce catalyseur a déjà été

(1) *J. Pharm. Soc. Japan*, 48, 1928, p. 679-684.

(2) *J. Pharm. Soc. Japan*, 48, 1928, p. 684-686.

(3) *J. Amer. Chem. Soc.*, 56, 1934, p, 1633-1637.

(4) M. Delépine et A. Horeau, *Comptes rendus*, 201, 1935, p. 1301; 202, 1936, p. 995, et *Bull. Soc. Chim.*, 5e série, 4, 1937, p. 31-49.

essayé, à notre connaissance, dans le cas du salicoside ([3]) avec insuccès et en 1936 dans celui du verbénaloside ([5]) donnant un hydroverbénaloside.

Le tableau suivant résume sommairement nos résultats, les détails devant paraître dans un autre Recueil.

	Solvant.	Hydrogénation sans NaOH.	Hydrogénation avec NaOH.	Hydrolyse.
Arbutoside	alcool à 96°-eau	o	o	o
Salicoside	eau	o	o	o
Populoside	alcool à 60°	o	o	o
Picéoside ([a])	eau	rapide	–	o
Coniféroside	alcool à 60°	rapide	très rapide	o
Vallinoside	eau	rapide	très rapide	+
Æsculoside	alcool à 60°	lente	rapide	o
Rhaponticoside	alcool à 96°	rapide	–	o
Phloridzoside	alcool à 96°	o	o	o
Aucuboside	eau	rapide	très rapide	+
Amygdaloside ([b])	eau	rapide	très rapide	+

Nota. — ([a]) L'hydrogénation semble conduire à deux glucoalcools. ([b]) Indiqué ici, bien que renfermant 2^{mol} de glucose.

En plus de ces glucosides vrais, nous avons également essayé d'hydrogéner quelques hétérosides : digitoxide, strophantoside, ouabaïoside, franguloside, hespéridoside, scammonoside etc.. Cette étude sera jointe à la publication des détails.

Technique. — 1^g ou 5^g de glucoside, en solution dans le solvant indiqué, sont soumis à l'hydrogénation en présence de poids égal environ de catalyseur. Le ballon est agité automatiquement, à la température de 9° à 12° et à une pression très peu différente de la pression atmosphérique. Dans le cas de l'addition de soude, on ajoute $0^{cm^3},2$ de solution aqueuse à 40 pour 100. La suite des opérations ne présente rien de particulier. L'hydrolyse est suivie au moyen de la liqueur cupro-potassique.

Conclusions. — 1° *Importance de la nature du catalyseur.* — Le salicoside, l'arbutoside, l'æsculoside et le phloridzoside subissent une hydrolyse rapide par hydrogénation en présence du platine. Ces glucosides ne sont pas hydrogénés par le nickel actif ou hydrogénés sans hydrolyse (æsculoside).

2° *Rapports avec l'émulsine.* — Tous les glucosides étudiés sont des β-glucosides hydrolysables par l'émulsine. L'hydrogénation catalytique permet de les séparer en trois classes : les indifférents, les hydrogénables

([5]) J. Cheymol, *Comptes rendus*, 203, 1936, p. 543.

d'une façon banale (transformation d'une fonction aldéhyde en alcool primaire, d'une cétone en alcool secondaire, etc.) et ceux dont l'hydrogénation provoque l'hydrolyse avec réduction (vanilloside, aucuboside, amygdaloside, etc.).

CHIMIE ORGANIQUE. — *Nouvelle contribution à la synthèse de la glycérine.* Note de M. **Georges Darzens**, présentée par M. Marcel Delépine.

La première synthèse de la glycérine a été réalisée en 1872 par Friedel et Silva en partant du propylène qu'ils ont successivement transformé en dichlorure, puis en trichlorhydrine par chloruration et enfin en glycérine par saponification [1]. Dans ces réactions la chloruration du chlorure de propylène ne donne que de très faibles rendements en trichlorhydrine et malgré de nombreux efforts cette difficulté n'a pas pu être surmontée.

En 1897, Piloty a publié une autre synthèse de la glycérine dont le point de départ est l'aldéhyde formique et le nitrométhane qui sont d'abord condensés en nitro-isobutylglycérine, corps qui est ensuite transformé successivement en β-nitrotriméthylèneglycol, en oxime de la dioxyacétone par réduction ménagée, en dioxyacétone et enfin en glycérine [2].

En 1921, Pictet et Barbier ont publié une autre synthèse utilisant également le nitrométhane qu'ils condensent d'abord avec l'aldéhyde glycolique, ce qui donne un nitrodioxypropane qui est réduit en aminodioxypropane d'où l'on passe finalement à la glycérine [3].

Enfin I. S. Neuberg, en 1930, a proposé de condenser l'éthylène avec l'oxyde de carbone pour former d'abord de l'acroléine qui serait ensuite oxydée en aldéhyde glycérique et cette dernière hydrogénée en glycérine [4].

Comme la synthèse de Friedel et Silva, toutes ces méthodes ne donnent que des rendements très faibles et on peut dire, qu'au point de vue pratique, elles sont illusoires.

Il nous a donc semblé intéressant de reprendre la question de la synthèse

---

(1) *Comptes rendus*, 74, 1872, p. 805, et 76, 1873, p. 1594; *Bull. Soc. Chim.*, 2e série, 20, 1873, p. 98.

(2) *Berichte d. chem. Ges.*, 30, 1897, p. 3161.

(3) *Helvetica chimica Acta*, 4, 1921, p. 425.

(4) *Biochem. Z.*, 221, 1930, p. 402.

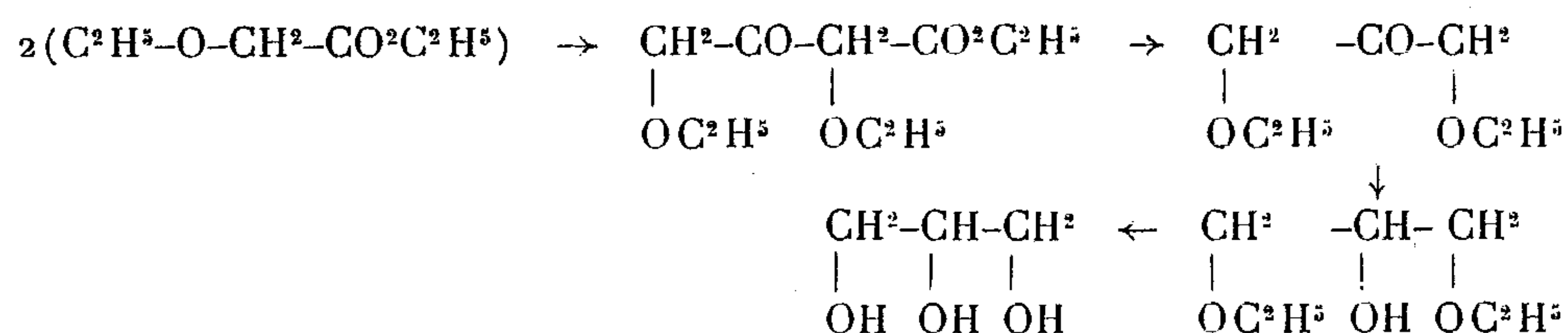
de la glycérine et nous avons été ainsi amené à reprendre une voie qui avait été indiquée en 1888 par Grimaux et Lefevre ([5]). Ces savants, après avoir donné une méthode de préparation de la diéthoxyacétone, ont en effet indiqué que cette cétone pourrait être hydrogénée en diéthyline, c'est-à-dire en éther diéthylique de la glycérine. Ils n'ont toutefois pas réalisé cette réaction parce que d'une part, ils n'obtenaient que difficilement la diéthoxyacétone et que, d'autre part, ils estimaient que la synthèse de la glycérine réalisée par Friedel et Silva ne présentait plus d'intérêt. C'est l'achèvement de cette méthode que nous publions aujourd'hui.

Nous avons donné précédemment ([6]), en collaboration avec M. Meyer, une excellente méthode de préparation de la diéthoxyacétone, qui permet actuellement de l'obtenir facilement à partir de l'éther éthonyacétique.

Conformément aux prévisions de Grimaux et Lefèvre, il nous a été possible de l'hydrogéner en diéthyline, par catalyse en solution alcoolique en présence de nickel Raney et à froid; dans ces conditions il ne se forme pas de pinacone et le rendement est intégral.

Enfin nous sommes parvenu à déséthyler cette diéthyline pour la transformer en glycérine, en la chauffant pendant 8 heures à 120°-125° dans un autoclave émaillé ou en tubes scellés, avec trois à quatre fois un poids d'acide chlorhydrique concentré, là encore le rendement est intégral.

L'ensemble de ces réactions est représenté par les formules



Comme l'éther éthoxyacétique est une matière première très accessible que l'on peut obtenir facilement et économiquement par plusieurs méthodes, il en résulte une méthode de synthèse de la glycérine pouvant même avoir un intérêt technique.

Ce travail complète l'œuvre de l'illustre savant Grimaux qui fut notre maître et apporte notre humble hommage pour son centenaire ([7]).

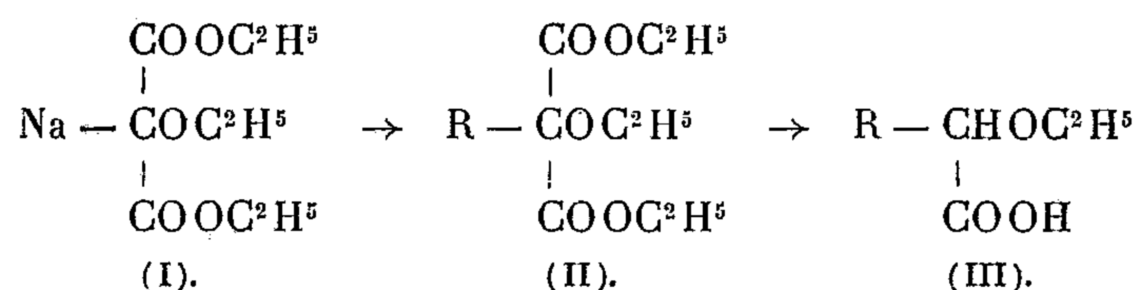
([5]) GRIMAUX et LEFÈVRE, *Comptes rendus*, 107, 1888, p. 914 et *Bull. Soc. chimique*, 3e série, 1, 1889, p. 11.

([6]) G. DARZENS et M. MEYER, *Comptes rendus*, 198, 1934, p. 478.

([7]) ÉDOUARD GRIMAUX (1835-1900), *Membre de l'Institut. Professeur de Chimie à l'École Polytechnique.*

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur deux nouvelles aldéhydes éthyléniques.* Note de M. **Maxence Meyer**, présentée par M. Marcel Delépine.

J'ai indiqué une méthode très générale de préparation des alpha-éthoxy-acides éthyléniques ([1]). Pour obtenir l'acide de formule (III), où R est éthylénique, il suffit de faire réagir le dérivé halogéné RX sur l'éther éthoxymalonique sodé de formule (I) et de saponifier, puis décarboxyler, l'éther malonique substitué (II) ainsi obtenu :



$$\begin{array}{ccccc} COOC^2H^5 & & COOC^2H^5 & & \\ | & & | & & \\ Na - COC^2H^5 & \rightarrow & R - COC^2H^5 & \rightarrow & R - CHOC^2H^5 \\ | & & | & & | \\ COOC^2H^5 & & COOC^2H^5 & & COOH \\ (I). & & (II). & & (III). \end{array}$$

J'ai décomposé ces acides par la chaleur pour en obtenir des aldéhydes suivant la méthode indiquée par MM. Darzens et Lévy ([2]) pour les éthoxy-acides de la série grasse et appliquée par M. Darzens et moi-même ([3]) aux α-éthoxy-acides des séries benzénique et cyclique saturée. La réaction s'écrit



$$R.CHOC^2H^5.COOH = R.CHO + CO + C^2H^5OH.$$

J'ai étudié cette décomposition sur les deux acides dont les formules suivent



$$C^6H^5.CH = CH.CH^2.CHOC^2H^5.COOH, \quad CH^2 = CH.(CH^2)^9.CHOC^2H^5.COOH.$$

J'ai ainsi préparé deux aldéhydes qui n'étaient pas encore connues, de formules



$$C^6H^5.CH = CH.CH^2.CHO, \quad CH^2 = CH.(CH^2)^9.CHO.$$

J'ai obtenu un rendement de 30 pour 100 en aldéhyde cinnamylformique, alors que celui de l'aldéhyde dodécylénique a été de l'ordre de 70 pour 100. La quantité d'oxyde de carbone recueillie dans les deux cas est voisine de celle que fait prévoir la théorie; aussi il semble que cette différence de rendement soit due à une différence de stabilité des deux aldéhydes sous l'action de la chaleur, la première des deux aldéhydes étant beaucoup plus

([1]) *Comptes rendus*, 203, 1936, p. 1074.
([2]) *Comptes rendus*, 196, 1933, p. 348.
([3]) *Comptes rendus*, 196, 1933, p. 489.

fragile à la température de 280°-300° qui est celle de la décomposition des alpha-éthoxy-acides.

L'aldéhyde cinnamylformique bout à 130°-132° sous 14^{mm} et sa semi-carbazone, recristallisée dans l'alcool méthylique, fond à 212°-214° au bloc Maquenne.

L'aldéhyde dodécylénique bout à 100°-102° sous $3^{mm},5$ et sa semi-carbazone fond à 91°.

GÉOLOGIE. — *Les météorites pierreuses ne peuvent fournir d'indication sur la nature des roches pierreuses.* Note de M. **René Perrin**, présentée par M. Louis de Launay.

L'analogie de l'analyse et des minéraux des météorites pierreuses et des péridotites a conduit Daubrée à formuler l'hypothèse que les couches profondes de la croûte terrestre sont formées de roches analogues aux péridotites.

On admet que les météorites proviennent du système terre-lune et ont ainsi une composition semblable à celle de notre planète; d'où l'assimilation. G.-P. Merrill, calculant la moyenne d'un grand nombre d'analyses de telles météorites, a mis encore davantage en évidence l'analogie d'analyse précitée.

Ce fut un des principaux arguments qui ont conduit à penser qu'en profondeur les roches sont de plus en plus basiques. Cette croyance joue un rôle fondamental dans les théories géologiques actuelles; elle est à la base du Sima de Suess, de la dérive des continents de Wegener, des théories de différenciation qui font naître granites et même basaltes d'un magma péridotique originel.

Il n'apparaît donc pas inutile de remettre en question, à la faveur d'idées et de connaissances scientifiques nouvelles, la valeur réelle de cette hypothèse de Daubrée.

Dans une précédente Note, j'ai exposé que la répartition des corps entre le noyau métallique terrestre et la scorie fondue, qui est devenue la croûte, avait été conditionnée principalement par l'affinité de ces corps pour l'oxygène; la formation de la croûte terrestre à l'origine doit être considérée comme le résultat d'un gigantesque équilibre : métal, laitier, gaz. Silicium, aluminium, calcium, métaux alcalins, tous corps à très grande affinité pour l'oxygène, sont passés à la scorie, tout comme on peut le constater jour-

nellement en métallurgie, tandis que la plus grande partie du fer et du nickel restait dans le noyau. Le refroidissement de la croûte isola par la suite chimiquement le noyau de l'atmosphère.

Les météorites elles-mêmes, résultent d'une scorification semblable d'un astre, à laquelle s'ajoute une oxydation éventuelle lors de la traversée de l'atmosphère terrestre. Or l'expérience métallurgique montre que l'analyse chimique de la scorie formée à partir d'un métal d'analyse déterminée, est essentiellement fonction de la quantité d'oxygène mise à la disposition de ce métal et en particulier, à l'équilibre, de la pression partielle d'oxygène de l'atmosphère qui le surmonte. Si, par exemple, à une certaine température, on fait croître la quantité d'oxygène mise à la disposition de fer contenant 0,250 de silicium, et 0,100 d'aluminium, le laitier contiendra d'abord presque uniquement de la silice et de l'alumine, puis s'enrichira progressivement en oxyde de fer pour tendre finalement vers l'oxyde de fer presque pur en présence d'un grand excès d'oxygène, brûlant la totalité du métal.

On ne pourrait donc affirmer l'identité des météorites pierreuses et des roches profondes que si étaient réunies les deux conditions suivantes, pour le métal initial des météorites et du noyau terrestre :

1° composition de départ identique;

2° conditions d'oxydation identiques, en température et quantité proportionnelle d'oxygène mise à disposition.

La première condition n'est pas remplie de façon certaine, le système terre-lune n'étant pas homogène, comme le montre la densité beaucoup plus faible de la lune. Mais surtout il serait extraordinaire que les conditions d'oxydation n'aient pas été différentes, soit lors de la formation de l'astre qui a donné naissance aux météorites, soit ultérieurement lors du passage dans l'atmosphère terrestre. Il existe d'ailleurs des météorites de composition très variée. Aussi, scientifiquement, l'assimilation des roches profondes aux météorites apparaît comme une hypothèse hasardeuse. La richesse en magnésie des météorites reste un fait remarquable, mais ne prouve nullement l'existence d'un Sima; celle-ci, pour être démontrée, a besoin de s'appuyer sur d'autres preuves.

BOTANIQUE. — *Caractères évolutifs du cône des Abiétinées.* Note [1] de Mlle **Fernande Flous**, présentée par M. Louis Blaringhem.

La structure anatomique du cône des Abiétinées est bien connue depuis les travaux de M. Radais [2]. Cet auteur a été amené à la conclusion suivante : « Le genre *Pinus* s'isole de tous les autres genres; les genres *Cedrus*, *Abies*, *Keteleeria*, ont d'importants caractères communs. Quant aux points de ressemblance que les autres genres présentent, soit entre eux, soit avec ceux qui précèdent, ils nous paraissent plus obscurs ».

L'étude de la phylogénie des Abiétinées m'a conduite à reprendre cette comparaison des diverses parties du cône. J'ai vérifié, dans d'autres espèces, les particularités signalées par Radais. J'ai observé aussi des faits nouveaux. Je retiendrai ici la structure de l'axe et celle de l'écaille. Parmi les divers éléments de ces structures, l'appareil sécréteur s'est révélé particulièrement intéressant; il permet, je crois, de vérifier la loi de parenté à laquelle j'ai été amenée par l'étude d'autres caractères [3] :

1° le genre *Pinus* est le plus primitif, et en particulier le genre *Cedrus* est plus évolué que lui.

2° l'hypothèse d'une souche commune aux genres *Cedrus* et *Abies* peut être envisagée.

3° le genre *Picea* peut être rattaché au genre *Pinus*.

4° le genre *Pseudotsuga* est plus évolué que le genre *Larix* duquel il se rapproche.

Radais a montré que le nombre des canaux corticaux de l'axe correspond au dénominateur de la fraction de divergence des écailles. Or, pour le genre *Pinus*, cette fraction peut prendre les valeurs 5/13, 8/21, 13/34, 21/55, suivant les espèces. Donc le nombre de canaux est probablement 13, 21, 34, 55. Les nombres possibles dans les autres genres sont, pour le genre *Cedrus* : 21, 47; pour *Abies* : 21; pour *Larix* : 5, 13, 21; pour *Tsuga* : 5, 8, 13. Donc le genre *Pinus* possède le nombre le plus variable et le plus élevé possible. Les genres *Cedrus* et *Abies* sont plus évolués que les *Pinus* à nombreux canaux; l'ordre *Pinus*, *Cedrus*, *Abies*, est bien vérifié;

---

(1) Séance du 8 février 1937.

(2) *An. Sc. nat.*, 7e série, 19, Paris, 1894, p. 172.

(3) F. Flous, *Thèse Doctorat*, Toulouse, 1936 et *Trav. Lab. forestier Toulouse*, 1936, p. 595 et suiv.

Larix, *Tsuga* ont aussi des nombres peu élevés, faits qui s'accordent avec mon hypothèse d'une évolution vers la réduction du nombre de canaux.

Pour le genre *Picea* les nombres sont les mêmes que pour *Pinus* mais des anastomoses entre les canaux existent, alors que *Pinus* n'en possède pas; ces anastomoses peuvent être considérées comme un caractère évolué et le genre *Picea* apparaît donc, lui aussi, comme plus évolué que *Pinus*. Notons en outre que le diamètre des canaux corticaux est plus grand dans le genre *Pinus* que dans les autres genres cités, ce qui conduit à admettre que l'évolution fait diminuer le diamètre des canaux.

Le système sécréteur du bois de l'écaille fournit d'autres caractères. Des canaux existent dans le bois de l'écaille chez *Pinus;* ils sont absents chez *Cedrus*, *Abies*, *Picea*, *Pseudotsuga*. Si l'on admet, comme cela m'a paru légitime, que les canaux résinifères du bois disparaissent dans l'évolution, le genre *Pinus* est le plus primitif.

Le système sécréteur de l'écaille (et de la bractée qui ne sera pas considérée ici) vient se raccorder au système secréteur de l'axe ou *caulinaire*, par une paire de canaux que l'on peut appeler, avec Radais, la *paire appendiculaire* (l'écaille et la bractée étant des « appendices » de l'axe). Dans le genre *Pinus*, la paire appendiculaire fait un long trajet oblique dans le parenchyme cortical et ne s'y ramifie pas. La première ramification se produit dans le *pédicule* commun à l'écaille et à la bractée. Dans les autres genres le trajet de la paire appendiculaire est plus court et la ramification est de plus en plus précoce lorsqu'on passe des *Pinus* aux *Cedrus*, aux *Abies*, aux *Tsuga*, aux *Picea*, aux *Larix-Pseudotsuga*. Une coupe à la base du pédicule montre : 2 canaux (*Pinus*), 3 (*Cedrus* et quelques *Abies*), 4 (autres *Abies*, quelques *Tsuga* et *Picea*), plus de 4 canaux (*Tsuga*, *Picea*, *Larix*, *Pseudotsuga*). Les genres se rapprochent en série d'une façon assez satisfaisante.

Enfin il reste à considérer le système sécréteur du parenchyme de l'écaille. Si l'on compare des coupes faites au même niveau, dans la région basale, sous la graine, on constate que le système sécréteur est : externe (côté bois), chez *Pinus*; externe avec un canal interne chez *Cedrus;* interne chez *Abies*, *Tsuga*, *Larix*, *Pseudotsuga*; il est mixte, mais en grande partie interne chez *Picea;* il est mixte chez *Keteleeria*. Dans la région moyenne de l'écaille (sous l'aile), la disposition reste externe dans la majorité des *Pinus*, ainsi que dans les *Cedrus;* elle devient mixte dans les *Abies;* elle reste interne dans les *Larix* et devient mixte dans les *Pseudotsuga*; elle devient mixte dans les *Tsuga* et *Picea*. Je crois que la disposition mixte peut être

considérée comme la plus évoluée et la disposition externe des *Pinus* et *Cedrus* comme primitive.

L'appareil sécréteur de l'axe du cône et de l'écaille offre donc un intérêt dans l'étude de l'évolution des caractères et vient s'ajouter aux 51 caractères que j'ai déjà considérés pour établir une filiation entre les principaux genres d'Abiétinées.

CYTOLOGIE VÉGÉTALE. — *Considérations sur les* Anabœniolum *Langeron du Cobaye et du Lapin.* Note (¹) de Mme **H. Hocquette**, présentée par M. Alexandre Guillermond.

Langeron a créé le genre *Anabœniolum* (Oscillariée; 4 sp.) pour des organismes qui se présentent dans le cæcum des Rongeurs sous forme d'éléments immobiles, arrondis, groupés par deux, le plus souvent réunis en chaînes pouvant atteindre 100$^{\mu}$, entourées d'une gaine muqueuse. Nadson et Krassilnikov les ont étudiés en faisant deux nouvelles espèces; ils ont noté la présence de formes rondes et ovalaires, décrit dans chaque élément un corps central, signalé la présence de métachromatine périphérique, d'endospores et l'existence de plasmodesmes entre les éléments.

Nous avons retrouvé chez le Cobaye et observé chez le Lapin toutes les espèces décrites par ces auteurs, non seulement dans le cæcum, mais aussi dans tout l'intestin, leur abondance étant parfois extrême dans l'intestin grêle. Le contenu cellulaire, presque homogène dans certains cas, est le plus souvent vacuolisé. La plupart des colorants vitaux déterminent l'apparition dans les vacuoles de corpuscules fortement colorés et animés de mouvements browniens; ces corpuscules se colorent en noir par l'hématoxyline, en rouge par les colorants basiques bleus ou violets d'aniline, l'hémalun, les éosinates de bleu de méthylène, en violet par le violet de gentiane et la méthode de Gram, en jaune brunâtre par l'iode; ils se dissolvent dans le réactif de Millon. Nous déduisons de toutes ces réactions qu'ils sont formés de métachromatine.

Des granulations intracytoplasmiques non colorables par les colorants vitaux, sidérophiles et basophiles, pariétales ou centrales sont liées à la formation de la membrane, qui s'élabore de la même façon que celle des Bactéries et offre dans les premiers stades un épaississement central.

(¹) Séance du 8 février 1937.

D'autres grains également sidérophiles et basophiles, qui apparaissent dans le cytoplasme de la cellule adulte, dans les travées périvacuolaires, représentant un noyau diffus, sont vraisemblablement formés d'une substance voisine de la chromatine nucléaire; ils prennent part à la constitution de la spore dont l'ébauche résulte de leur condensation à un pôle de l'élément. L'ébauche sporale basophile s'entoure d'une membrane au voisinage de laquelle on observe des granulations métachromatiques. La spore difficilement colorable se teint en rouge par les techniques de Moëller et de Volkonsky.

La coloration que prend le cytoplasme avec la solution iodo-iodurée et le carmin de Best montre qu'il est riche en glycogène. La recherche des graisses est restée négative. La gaine est très visible et les tractus qui relient les éléments ont un comportement identique; ils résultent vraisemblement de la gélification de la région moyenne de la membrane cellulaire.

Sur des milieux de culture appropriés et dans les conditions exposées dans une Note antérieure, ces organismes donnent naissance à des chaînes d'éléments immobiles qui, suivant la nature du milieu, affectent soit une forme arrondie ou ovalaire (milieux solides) soit allongée (milieux liquides), rarement à des éléments géminés. Ils sont entourés d'une gaine au moins visible dans les premiers stades du développement. Ils sporulent plus ou moins rapidement, chaque élément formant une seule spore qui germe par rupture de la coque à l'équateur. Dans les vieilles cultures, on trouve des formes d'involution semblables à celles qu'il est possible d'obtenir dans le contenu intestinal altéré. On observe la même structure cellulaire dans les éléments en culture que dans ceux de l'intestin.

Nous avons donc retrouvé chez le Cobaye et le Lapin toutes les espèces d'*Anabœniolum* décrites par Langeron, puis Nadson et Krassilnikov et les diverses formes qu'ils ont signalées. De plus, nous avons constaté la présence dans le contenu intestinal en altération, de formes d'involution qui semblent pouvoir donner naissance à des formes *bacille*. Nous avons mis en évidence comme Nadson et Krassilnikov de la métachromatine périphérique, mais nous n'avons pu différencier le centre cellulaire « tache claire, renfermant de fines granulations, sur le vivant »; nous pensons que c'est une vacuole à métachromatine, que nous avons eu d'ailleurs l'occasion d'observer souvent au centre de l'élément, que ces auteurs ont interprété comme un noyau rudimentaire quiescent ou en cinèse. La cellule ne renferme ni véritable noyau, ni corps central (la réaction nucléaire de

Foulgon s'est montrée négative), mais un noyau diffus tel que le conçoivent Guilliermond et Schaudinn. La membrane et la spore se forment comme chez les Bactéries. Nous n'avons jamais pu déceler la présence de « cellules rondes, grandes, à paroi épaisse », considérées par Nadson et Krassilnikov comme étant des hétérocystes. Enfin nous estimons que les tractus qui relient les cellules entre elles et qui se comportent vis-à-vis des colorants comme la gaine, résultent de la gélification de la région moyenne de la membrane et n'ont aucune analogie avec les plasmodesmes. En culture, les colonies se développent très rapidement; les éléments y sont ovalaires, elliptiques ou bacilliformes, réunis en chaînes; ils se transforment dans les vieilles cultures en formes d'involution; leur cytologie est identique à celle des éléments de l'intestin.

L'ensemble de tous ces caractères et notamment l'absence de corps central nous amène à conclure que les organismes, que nous avons étudiés dans le milieu intestinal et en culture et qui montrent un polymorphisme très accusé, ne sont pas des Cyanophycées adaptées à la vie parasitaire, mais des Bactéries saprophytes. La présence de formes *bacille* et d'endospores les rapprochent des Bacillacées; il y aurait donc lieu à notre avis de ranger les *Anabœniolum* dans la classe des Schizomycètes, ordre des Eubactériales, famille des Bacillacées.

CYTOLOGIE VÉGÉTALE. — *Cyclose intranucléaire dans la baside de certains Hyménomycètes*. Note de M. **Marius Chadefaud**, présentée par M. Alexandre Guilliermond.

Les observations suivantes ont été faites sur des basides vivantes, dont le vacuome avait été coloré au rouge neutre, dans de l'eau sucrée; la teinte prise par les éléments vacuolaires était métachromatique (orangée).

1. Chez *Boletus subtomentosus*, dans la baside très jeune, avant la caryogamie, le cytoplasme est un gel homogène, inerte et réfringent, comme c'est aussi fréquemment le cas dans les hyphes du chapeau de divers Hyménomycètes. Chaque moitié, proximale et distale, de la baside, est occupée par un volumineux vacuome, qui tend à se fragmenter en éléments arrondis. Les noyaux conjugués sont au milieu de la cellule; chacun renferme un nucléole sphérique très net, immobile, et sa zone périphérique paraît homogène; mais quand la baside s'altère un coagulum se forme sous la membrane nucléaire.

Au stade suivant, après la caryogamie, le vacuome est toujours morcelé en éléments arrondis, et il semble s'être quelque peu déshydraté au profit du cytoplasme. Celui-ci s'est liquéfié, en même temps qu'il s'y est formé de nombreux granules réfringents, par ségrégation de la fraction la plus riche en lipides du gel initial. Ce phénomène s'observe aussi dans les hyphes du chapeau de diverses Agaricales. Les granules réfringents sont animés de mouvements browniens très vifs; ils sont tantôt épars, tantôt réunis en grosses grappes. Le noyau diploïde est proportionnellement plus gros que les deux noyaux haploïdes du début, comme si sa zone périphérique s'était gonflée. Chose remarquable, le nucléole n'est plus immobile; il ne présente pas non plus d'agitation brownienne; il est entraîné par des courants de cyclose. On le voit glisser rapidement d'une région à une autre du noyau, puis s'arrêter comme s'il avait rencontré un obstacle, osciller quelque peu sur place comme si un courant tendait encore à l'entraîner, et enfin reprendre sa course quand l'obstacle est surmonté. C'est sans doute les chromosomes qui arrêtent le nucléole, mais il faut pour cela qu'ils soient attachés à quelque chose de stable et d'immobile, probablement à la membrane nucléaire.

Ainsi le caryoplasme, normalement à l'état de gel rigide, est susceptible de se transformer en un liquide visqueux (pas d'agitation brownienne) *animé de courants*. Mais cette transformation n'intéresse qu'une partie du caryoplasme; une autre partie garde sa rigidité, et c'est sans doute la partie périphérique, formant la « membrane nucléaire ». Le cas du caryoplasme est donc identique à celui du cytoplasme, où se révèlent également une partie fluide et une partie rigide (rhéo-et stéréoplasme).

2. *Coprinus atramentarius* donne lieu à des observations analogues. En se déplaçant, le nucléole du noyau diploïde peut même se déformer et s'étirer. De plus, la cyclose intranucléaire s'observe dans ce noyau aussi bien lorsqu'il a encore sa position initiale au milieu de la baside que lorsqu'il a émigré à l'apex de celle-ci, où a lieu sa division. *La cyclose intranucléaire n'est donc pas liée à la proximité d'une mitose*, comme le sont les mouvements de la chromatine observés par Mlle Biecheler ([1]) dans le noyau de certains Péridiniens. Là encore, au stade où s'observe la cyclose dans le noyau, le cytoplasme est fluidifié et chargé de granules animés de mouvements browniens.

3. Chez les autres espèces examinées (*Coprinus comatus*, *Hebeloma crus-*

([1]) *Comptes rendus*, 201, 1935, p. 503.

tuliniforme, *Hygrophorus niveus*, etc.), je n'ai pu observer de cyclose intranucléaire. Or, chez ces espèces, ou bien le cytoplasme ne se fluidifie qu'incomplètement (agitation brownienne nulle ou faible), ou bien, au stade où la liquéfaction cytoplasmique est intense, le noyau n'est plus observable vitalement. *La fluidification caryoplasmique conditionnant la cyclose intranucléaire semble donc corrélative d'un degré élevé de liquéfaction du cytoplasme*, soit que cette liquéfaction la détermine, soit plutôt que les facteurs de cette liquéfaction aient une action parallèle sur le contenu du noyau.

PATHOLOGIE VÉGÉTALE. — *Sur la sensibilité des plantules aseptiques à quelques substances carcinogènes.* Note de M. **Albert Berthelot** et M[lle] **Germaine Amoureux**, présentée par M. Félix Mesnil.

Ayant établi la sensibilité particulière des plantules et des très jeunes plantes aseptiques de Soleil (*Helianthus*) aux inoculations de *B. tumefaciens* (1), nous avons entrepris de rechercher comment celles-ci réagissaient aux agents néoplastiques ou à certaines substances excitant simplement la prolifération cellulaire. Le 29 juin 1936, nous avons traité aseptiquement 10 jeunes Soleils par des suspensions de 1.2.5.6-dibenzanthracène, de 1.2-benzopyrène, de folliculine et d'acide indol-3-acétique, en huile de vaseline, et d'allantoïne en eau distillée. Avec ces mélanges stérilisés et à l'aide d'une spatule à ensemencement, nous avons badigeonné l'axe hypocotylé et la tige des jeunes plantes, hautes d'environ 10^{cm}, provenant de semis aseptiques effectués le 3 juin.

Nous ignorions encore les essais que Levine avait réalisés en 1934 sur des Soleils de 1^{m} de haut, cultivés en pots ou en pleine terre (2); aussi, dans cette première expérience d'indication, nous ne nous étions nullement préoccupés de la concentration des produits utilisés.

A la fin du mois de juillet, les plantes traitées par le benzopyrène, le dibenzanthracène et l'allantoïne ne présentaient aucune néoformation; toutefois, avec le dibenzanthracène, les plantes noircissaient en divers points et souffraient manifestement. Les deux sujets badigeonnés à la base de la tige avec la solution huileuse de folliculine avaient fortement noirci dans cette région; mais, tandis que le bourgeon terminal de l'une d'elles se

(1) A. Berthelot et M[lle] G. Amoureux, *Comptes rendus*, 203, 1936, p. 629.
(2) M. Levine, *Bull. of the Torrey Bot. Club*, 61, 1934, p. 103; 63, 1936, p. 177.

desséchait déjà, l'autre était assez vivace et montrait une réaction néoplasique très nette dans l'angle formé par la base de la tige et l'un des cotylédons; elle fut fixée à la fin de juillet. Enfin les deux petites plantes traitées par l'acide indol-3-acétique étaient déjà très malades. Le 1er septembre elles furent retrouvées complètement desséchées. Cette grande toxicité de l'hétéro-auxine à haute concentration concordait d'ailleurs avec les faits publiés par Solacolu et Constantinescu relativement aux plantules isolées de Haricot et de Ricin ([3]).

Les plantes traitées par l'allantoïne et le dibenzanthracène furent retrouvées complètement sèches; mais, alors que les premières ne semblaient point avoir souffert de la présence de l'allantoïne, il n'en était pas de même des secondes dont les feuilles et certaines parties de l'axe hypocotylé avaient noirci sous l'influence du carbure.

A cette même date, les deux sujets traités par le benzopyrène étaient encore en bon état et ne semblaient pas présenter de lésions. Peu à peu l'un d'eux s'est desséché tandis que sur l'autre apparaissaient, de place en place, de légères efflorescences blanchâtres qui devinrent de plus en plus nettes; mais ce n'est que cent jours environ après l'application du carbure qu'il est apparu nettement, par une observation plus attentive à la loupe, qu'il s'agissait de formations cellulaires et non d'éléments cristallins. La plante mesurait alors 25^{cm} de hauteur. L'examen au binoculaire, que M. Magrou a bien voulu pratiquer immédiatement avec nous, montra que ces efflorescences étaient formées d'amas irréguliers de cellules arrondies, brillantes, turgescentes, semblables à des gouttes de rosée. A la surface de ces amas un grand nombre de cellules s'allongeaient, presque libres; les unes, renflées à une extrémité, offraient l'apparence de cystides, tandis que les autres affectaient plutôt l'aspect de basides bifurquées ou trifurquées. Enfin, sur les bords des amas cellulaires apparaissaient, de loin en loin, sur l'épiderme touché par le benzopyrène, des groupes isolés de cellules claires et gonflées. Ces lésions qui, à première vue, semblaient résulter de l'hyperplasie des cellules épidermiques, continuèrent à se développer lentement. Le 21 octobre 1936, le sommet de la tige commençant à se dessécher, M. Bretey voulut bien photographier ces lésions; sur les agrandissements on peut constater nettement la présence de traînées cellulaires qui marquent les points touchés par le carbure. Le contrôle bactériologique a été absolument négatif au point de vue de la présence des

([3]) Th. Solacolu et C. Constantinescu, *Comptes rendus*, 203, 1936, p. 437.

bactéries. Toutefois, sur un milieu à base de peptone d'arachide, il se développa deux colonies d'un *Penicillium* qui, réinoculé à de jeunes plantes aseptiques, n'a provoqué aucune réaction pathologique.

En attendant que l'examen histologique nous éclaire sur la nature des lésions que nous venons de décrire, nous avons repris, dans les mêmes conditions, l'étude de l'action néoplastique des composés énumérés plus haut et abordé celle du méthylcholanthrène, de l'*o*-amidoazotoluène, du Soudan III, du Rouge écarlate R, de l'ergostérol, du sitostérol de soya, des oxydes de thorium et d'uranium et de diverses substances fluorescentes. Tout récemment, en collaboration avec M. Boivin et Mme Mesrobeanu, nous avons entrepris d'appliquer la même technique à l'étude de l'endotoxine de *B. tumefaciens* découverte et préparée par ces auteurs ([4]).

En examinant toutes ces substances, nous n'avons pas seulement pour but d'établir comment et dans quelle mesure les jeunes tissus végétaux réagissent aux agents chimiques qui déterminent des tumeurs chez les animaux. Nous voudrions aussi obtenir quelques nouvelles données sur le mode d'action de ces agents néoplastiques, notamment en ce qui concerne le rôle des sensibilisateurs aux divers rayonnements qu'on pourrait qualifier de cytoérétiques puisqu'ils sont capables d'activer, d'exciter ou de modifier le métabolisme ou la multiplication des cellules.

En tenant compte de la concentration, du mode d'application ou d'introduction des substances étudiées, nous venons de vérifier la toxicité particulière du dibenzanthracène et constater que la réaction de la plante n'est pas la même quand il s'agit d'un simple badigeonnage ou lorsque, à la faveur d'une lésion, on fait pénétrer une certaine quantité de l'agent néoplastique au sein des tissus.

ZOOLOGIE. — *La prétendue métamérisation des larves des Hexacoralliaires.* Note de M. **Constantin Dawydoff**, présentée par M. Maurice Caullery.

Je viens de publier ([1]) les résultats de mes recherches sur le développement embryonnaire (segmentation et formation des feuillets) de quelques Madréporaires de l'Indochine. En ce qui concerne les stades plus avancés

([4]) A. Boivin, M. Marbé, Mme L. Mesrobeanu et P. Juster, *Comptes rendus*, 201, 1935, p. 984.

([1]) *Comptes rendus*, 204, 1937, p. 378.

de l'embryogenèse, c'est surtout le *Stylophora* qui est l'objet le plus favorable. Mais, devant les résultats singuliers des recherches de Krempf ([2]) sur l'évolution de la larve de *Pœcillopora* et de *Seriatopora*, j'ai cru nécessaire de ne pas négliger l'occasion de les vérifier sur les mêmes objets et dans le même endroit (Nhatrang, Sud-Annam). Ce que les publications de Krempf (son travail *in extenso*, annoncé il y a 16 ans, n'a pas paru jusqu'à présent) ont d'extraordinaire, c'est l'affirmation que les larves des Madréporaires sont des organismes métamérisés. De la description de Krempf, résulte que la planula de *Pœcillopora* est constituée par trois segments superposés suivant l'axe oroaboral du corps et représente morphologiquement un véritable strobile, comme celui des Scyphoméduses. Dans cette conception scyphostrobilaire de la planula des Madréporaires, Krempf se base sur la répartition métamérique des entéroïdes chez la larve de *Pœcillopora*. D'après sa description, chez les larves jeunes, les entéroïdes se répartissent en trois groupes superposés mais non équivalents, ni en ce qui concerne le nombre de ces entéroïdes, ni leur disposition, ni leur développement. Ainsi, dans le métamère oral, il a observé la présence de deux entéroïdes bien développées, tandis que chacun des segments moyen et aboral n'en possèdent qu'un seul qui reste rudimentaire.

En prenant en considération que pas un seul des embryologistes les plus réputés n'a observé rien de pareil, les résultats de Krempf m'ont paru *a priori* peu vraisemblables. Or l'étude de l'évolution des planula de *Poecillopora* a confirmé pleinement ma défiance. J'ai examiné une grande quantité de larves à différentes saisons de l'année et je suis arrivé à la conclusion que leur évolution ne présente rien de particulier et rentre parfaitement dans le schéma classique de l'ontogenèse des Anthozoaires. La larve au stade de six entéroïdes, dont parle Krempf, ne présente jamais à l'état normal aucunes traces de répartition métamérique de ces structures, et ces dernières ne manifestent jamais les transformations si compliquées que leur attribue cet auteur, à aucun stade de l'évolution de la larve, ni chez *Poecillopora*, ni chez *Seriatopora*. Je suis donc obligé de dire que, d'après mon opinion, les déductions de Krempf sont fondées sur un malentendu.

En cherchant une explication de la conclusion de Krempf, je suis tombé sur des faits qui me semblent donner un éclaircissement suffisant de ce malentendu. Il s'agit d'un phénomène assez banal de la biologie des Anthozoaires, auquel mon prédécesseur n'a pas pris garde. Il est à noter

([2]) *Comptes rendus*, 170, 1920, p. 198, 826, 896, 1016.

que les larves de quelques Anthozoaires sont capables de se fusionner entre elles et de donner naissance à des larves composées, qui achèvent leur évolution d'une façon normale. Or j'ai observé ce phénomène chez plusieurs Madréporaires et entre autres chez *Pœcillopora*. Dans les conditions anormales de l'élevage en captivité, plusieurs larves (de 2 à 4) se fusionnent entre elles. Pendant quelque temps, ce complexe de larves fusionnées conserve des traces extérieures de leur fusion, les limites de chaque larve étant distinctement reconnaissables. Plus tard, ces limites s'effacent, la forme de la larve composée se régularise et devient normale. Il va de soi que la larve composée présente, au début, quelques anomalies dans son organisation intérieure, en ce qui concerne le nombre des entéroïdes et leur disposition. En effet, si à cette fusion prennent part trois larves, possédant chacune une paire d'entéroïdes, la larve composée en possédera trois paires, et, dans leur répartition, j'ai souvent observé une métamérie apparente, en ce sens que les entéroïdes, au début, manifestent une disposition par groupes superposés. Leur disposition à chaque niveau n'est pas toujours la même et plusieurs entéroïdes présentent des traces de réduction.

Cette pseudo-métamérie dans la distribution des entéroïdes s'explique par le fait que la fusion des larves entre elles se fait généralement par leurs faces latérales, mais à des niveaux différents, ce qui conduit inévitablement à un groupement des entéroïdes par étages. Plus tard, cette métamérisation accidentelle disparait, les structures intérieures de la larve composée se régularisent. Quoi qu'il en soit, quand j'ai observé pour la première fois le processus de fusion de trois larves de *Pœcillopora*, j'ai reconnu immédiatement, dans le produit de cette fusion, la larve imaginée par Krempf dans une de ses Notes ([3]). Pour expliquer l'aspect bizarre de ces larves composées et les anomalies de leur organisation intérieure, Krempf a été obligé de leur attribuer une série de transformations très compliquées (atrophie de quelques structures métamériques, gibbosité dorsale, etc.). En réalité, il avait affaire à des larves anormales en voie de fusion, ce qui l'a trompé et a servi de point de départ à une série de spéculations d'ordre morphologique sans fondement.

([3]) *Comptes rendus*, 170, 1920, p. 827, figure droite.

OPTIQUE VISUELLE. — *Sur la coloration des images rétiniennes et sur le chromatisme en général.* Note de M. **Charles Lapicque**, présentée par M. Charles Fabry.

J'ai donné la répartition de la lumière dans l'image rétinienne d'un point lumineux blanc éloigné pour différentes grandeurs de la pupille et par une méthode tenant compte intégralement des phénomènes de diffraction (1). J'ai montré que l'image comporte toujours une partie centrale nettement détachée, entourée d'un halo.

La présente étude montre *la coloration de cette partie centrale de l'image* (ou image centrale). La figure donne la courbe spectrale de la lumière formant cette image centrale. La source est supposée émettre avec une puissance uniforme chacune des radiations simples du spectre, dont les longueurs d'onde en $m\mu$ sont portées en abscisse. En ordonnée on lit pour chacune de ces radiations la fraction de la puissance qui se rassemble dans l'image centrale. A chaque courbe est associé un chiffre qui indique le diamètre en millimètre de la pupille d'entrée de l'œil (pupille vue dans l'espace extérieur). L'œil est supposé le mieux au point possible, c'est-à-dire bien au point pour la longueur d'onde $580^{m\mu}$.

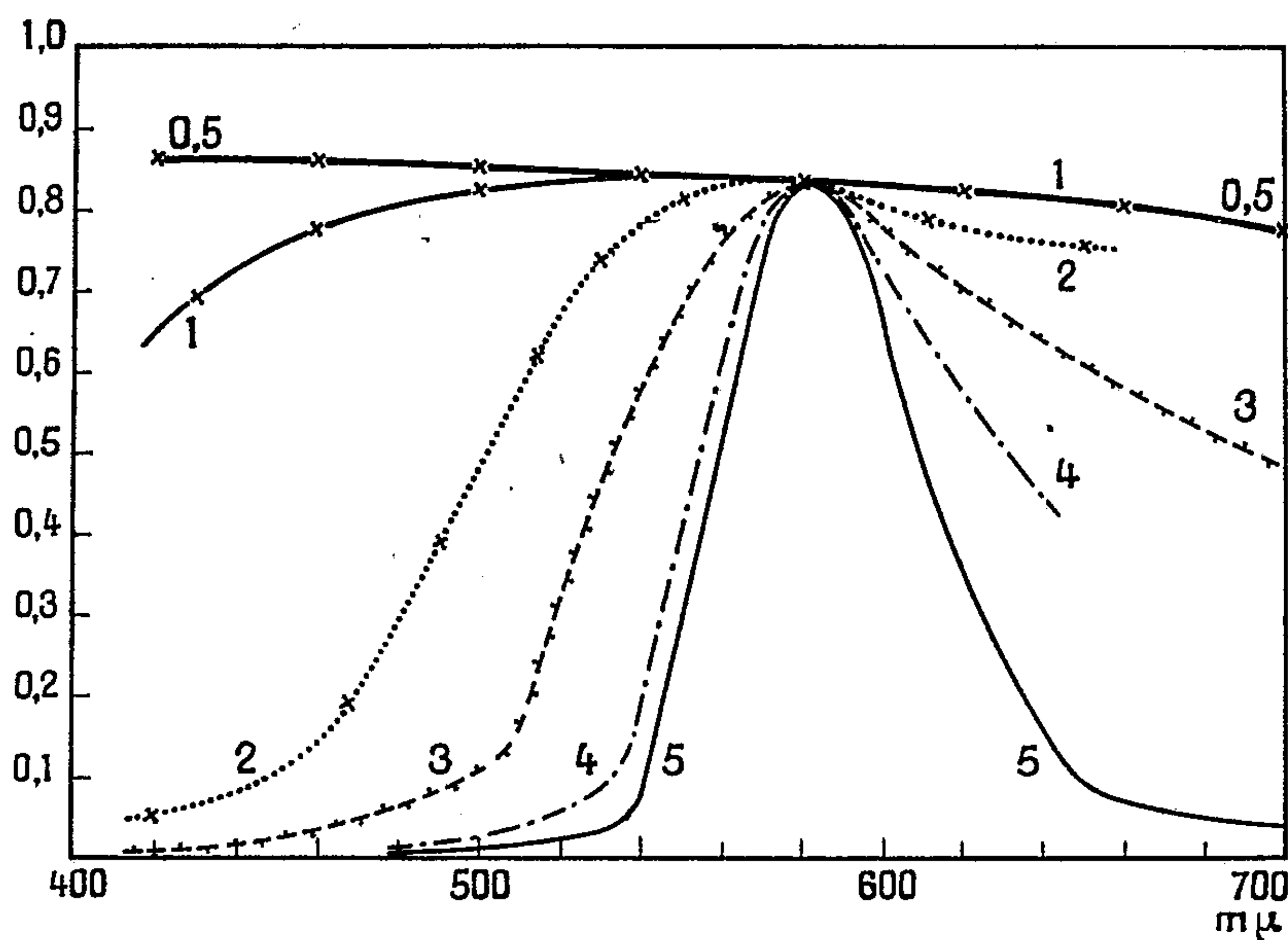
On voit que l'image centrale est fortement colorée en jaune pour les pupilles moyennes et même pour la pupille déjà petite de 2^{mm}. Ceci permet de poser avec une précision nouvelle un problème assez troublant. Quand nous regardons une source ponctuelle bien blanche, pas trop intense (une étoile par exemple), nous percevons une petite figure, plus ou moins étoilée, assez petite néanmoins pour qu'on puisse affirmer qu'elle correspond à l'image centrale (2). Elle devrait donc être jaune franc; or elle est perçue comme parfaitement blanche. Certes on a bien l'habitude de considérer que les images rétiniennes ne sont que des signes à partir desquels nous devons reconstituer le monde extérieur. On pense qu'avec l'aide du sens du toucher, par exemple, et à partir des signes visuels, insuffisants, nous nous entraînons par l'éducation à reconnaître la forme et la distance d'un objet. Mais, dans le cas de la présente étude, il s'agit de la couleur, qualité purement visuelle, inaccessible à l'expérimentation par un autre sens, et même

(1) Ch. Lapicque, *Comptes rendus*, 202, 1936, p. 656.

(2) Le halo, d'une couleur complémentaire de l'image centrale (donc bleu), n'est pas perçu dans cette expérience.

semble-t-il, à toute espèce d'expérimentation spontanée. Je suis donc porté à suggérer que le genre de reconstitution qui nous fait percevoir une source blanche à partir d'un signe rétinien jaune entouré de bleu, est une *réaction fonctionnelle innée* de l'appareil visuel.

Un autre point mérite l'attention, c'est l'annulation pratique de la coloration pour la pupille de 1^{mm} et le léger renversement de cette coloration pour la pupille de $0^{mm},5$ (3) (ce sont alors les radiations de courte longueur d'onde qui dominent dans l'image centrale). Cet effet est produit par la



diffraction qui étale plus la lumière de grande longueur d'onde et tend donc à la rejeter dans le halo, quand toutefois la petitesse de la pupille a suffisamment augmenté l'effet de la diffraction et diminué celui de la dispersion; la diffraction joue donc un léger rôle *antidispersif*. Ainsi l'œil, bien que non corrigé du chromatisme [il peut être considéré comme formé d'une seule substance de constringence $\nu = 53$ (4)], donne une image incolore pour une pupille de 1^{mm}.

D'une façon générale on peut montrer que tout système non corrigé du

(3) Ces très petites pupilles ne sont pas naturelles mais peuvent se rencontrer dans la vision instrumentale sous forme de la pupille de sortie de l'instrument.

(4) La constringence est le rapport $\nu = (n_D - 1)/(n_F - n_C)$.

chromatisme peut néanmoins donner une image incolore pour une ouverture que je propose d'appeler *ouverture achromatique*, donnée par l'expression

$$\Omega_A = \sqrt{\frac{2\lambda_0 \nu}{f}} \quad (^5),$$

dans laquelle ν est la constringence de la substance (unique); λ_0 la longueur d'onde de valeur 450 (en mμ); f la longueur focale de l'instrument.

L'ouverture achromatique est faible, sauf pour les instruments très petits. Ainsi un système en crown de longueur focale 1^{mm} serait achromatique pour une ouverture de 1/4.

PHYSIOLOGIE COMPARÉE. — *Les éléments de la phosphatémie normale chez les Amphibiens et les Reptiles.* Note de M. **René Salgues**, présentée par M. Charles Achard.

Les diverses formes de phosphore ont été dosées dans le sang par la méthode dite de combustion sèche, préconisée par H. H. Green [1]. Nous en donnerons les principes, en fournissant de nouveaux exemples, dans un prochain Mémoire.

Pour 100^{cm^3} de sang total, prélevé par ponction carotidienne, nous avons obtenu les nombres du tableau ci-après.

On sait que la nucléoprotéine entre pour une part importante dans la composition du sang des Vertébrés à hématies nucléées. La phosphatémie chez ceux à sang froid est bien supérieure à celle des Mammifères. La littérature étant sobre et même indigente quant à de telles données, il était utile de connaître ces représentations numériques, l'expérimentation faisant de plus en plus appel à des animaux de laboratoire différents. Tous les chiffres mentionnés s'appliquent à des sujets sauvages ou en très récente captivité. Nous pouvons dès à présent affirmer que les variations physiologiques (périodes de mues, sommeil hibernal, ponte chez les ovipares

(5) On appelle ouverture le rapport du diamètre de la pupille d'entrée à la longueur focale. Les calculs seront détaillés ailleurs.

(1) H. H. Green, *Jour. Agr. Sc.*, 18, 1928, Part III, p. 372-375.

	Phosphore total.	Phosphore lipoïdique.	Phosphore organique soluble dans les acides.	Phosphore minéral (orthophosphates).	Nucléoprotéine.
Batraciens.					
Urodèles.					
Triton cristatus Laur.	139,4	23,2	38,1	8,3	69,8
» *alpestris* Laur.	157,2	29,7	35,4	8,9	83,2
» *marmoratus* Latr.	141,3	26,4	32,6	9,6	72,7
» *vulgaris* Laur.	129,2	28,7	39,3	10,0	51,2
» *palmatus* Schn.	124,3	26,7	28,8	11,4	57,4
» *asper* Dug.	124,7	21,4	46,2	7,3	49,8
Salamandra atra Laur.	131,6	23,9	41,4	7,1	59,2
» *maculosa* Laur.	147,4	26,5	29,9	9,6	81,4
Anoures.					
Bombinator pachypus Fitz.	153,1	30,2	39,5	10,4	73,0
Bufo vulgaris Laur.	148,2	30,9	44,3	11,2	61,8
Hyla arborea L.	127,3	31,6	48,5	9,8	37,4
Rana esculenta L.	126,5	33,2	49,2	8,8	35,3
» *temporaria* L.	152,6	34,3	54,6	7,9	55,8
Reptiles.					
Sauriens.					
Lacerta muralis Laur.	81,4	22,6	31,2	6,2	21,4
» *viridis* Laur.	83,7	21,9	33,6	6,4	21,8
» *ocellata* Daud.	106,2	24,2	30,2	5,6	46,2
Anguis fragilis L.	89,6	25,6	26,9	5,1	32,0
Ophidiens.					
Vipera aspis L.	66,4	13,2	25,6	4,2	23,4
Cœlopeltis monspessulana Hermann.	61,3	16,5	24,3	7,3	13,2
Tropidonotus viperinus Broie.	73,2	19,2	22,7	7,1	24,2
» *natrix* L.	76,6	19,0	21,6	7,9	28,1
Rhinechis scalaris Sh.	68,5	17,4	24,2	6,6	20,3
Chéloniens.					
Emys orbicularis L.	69,4	13,9	33,2	7,4	14,9
Testudo græca L.	73,3	13,6	31,4	9,9	18,4
Thalassochelys caretta L.	77,6	18,1	30,6	8,1	20,8

et gestation chez les vivipares) et pathologiques (maladies infectieuses et parasitaires) sont extrêmement importantes, bien davantage en tout cas que chez les Mammifères et les Oiseaux, à égalité de conditions.

CHIMIE PHYSIOLOGIQUE. — *La distribution de la flavine dans les tissus des mammifères, en relation avec leur respiration résiduelle en présence des cyanures.* Note de M. **Alexandre Gourévitch**, présentée par M. Paul Portier.

Dixon et Elliott (1) ont montré que la respiration des tissus des mammifères n'est qu'incomplètement suspendue en présence des cyanures, dont on connaît pourtant l'action inhibitrice sur les ferments respiratoires ferrugineux. L'existence de cette respiration résiduelle (donc, indépendante de l'action des ferments ferrugineux) a été récemment confirmée par Kisch (2) et par Heyningen (3).

On pourrait se demander si cette respiration résiduelle n'est pas assurée par le système respiratoire du flavine-ferment qui ne contient pas de métaux lourds.

Warburg et Christian (4) ont cru pouvoir conclure de leurs recherches (5) que le flavine-ferment, en tant que transporteur d'hydrogène autooxydable, ne joue aucun rôle dans la respiration des cellules aérobies.

Torrès (6) a confronté pour les tissus du rat les données relatives à la présence de la flavine, aux valeurs de la respiration résiduelle non inhibée par les cyanures. Il n'a trouvé aucun parallélisme entre ces différentes valeurs. La méthode employée par cet auteur ne nous a pas semblé exempte d'erreurs méthodologiques. Nous avons cru utile de reprendre cette étude, car on ne possède que des données fragmentaires sur la distribution de la flavine dans les tissus des mammifères.

Nous avons effectué des dosages de flavine dans les tissus suivants : rein, cœur, foie, rate et diaphragme du rat; substance grise et blanche du cerveau de mouton. La méthode employée ne différait que peu de celle déjà décrite par nous antérieurement (7). Les résultats sont consignés dans le tableau ci-après. Nous avons fait figurer dans ce même tableau les données

(1) *Biochem. Journ.*, 23, 1929, p. 812.
(2) *Biochem. Zeitschr.*, 263, 1933, p. 75.
(3) *Biochem. Journ.*, 29, 1935, p. 2036.
(4) *Biochem. Zeitschr.*, 266, 1933, p. 377.
(5) Dont l'exposé critique sera publié prochainement dans un autre Recueil.
(6) *Biochem. Zeitschr.*, 280, 1935, p. 114.
(7) *Bull. de la Soc. de Chim. Biol.*, séance du 17 novembre 1936 (sous presse).

relatives à l'intensité de la respiration résiduelle de ces mêmes organes du rat, données tirées des recherches de Kisch ([2]), Heyningen ([3]) et Torrès ([6]).

	QO^2 résiduel.	Auteur.	Teneur en flavine en γ par gramme frais.
Rein	2,0 2,4	Heyningen Kisch	17,8
Cœur	2,38	Kisch	10,3
Foie	1,9 0,96	Heyningen Kisch	17,5
Tissu splénique	1,49	Torrès	4,6 env.
Diaphragme	1,48	Kisch	4,7
Sarcome de Jensen	faible	Kisch	0,025 à 0,5
Rétine	pratiquement nul ([8])	Kisch	très pauvre en flavine-ferment

Les données sur la teneur en flavine-ferment du sarcome de Jensen et de la rétine sont empruntées à Euler et ses collaborateurs ([9]), ([10]).

On voit que, contrairement à l'opinion exprimée par Torrès, on constate un parallélisme manifeste entre la respiration résiduelle et la teneur en flavine.

Dans l'ordre décroissant de la respiration résiduelle en présence des cyanures, on arrive au classement suivant d'après les résultats obtenus par Dixon et Elliott ([1]) sur les tissus des divers animaux :

Rein > Foie > Cœur > Substance grise du cerveau > Rate
> Substance blanche du cerveau.

Or, d'après nos dosages, ces tissus, (sauf peut-être la rate) se classent dans le même ordre au point de vue de leur teneur en flavine.

D'autre part nous avons calculé le nombre de molécules d'oxygène transportées par une molécule de flavine-ferment par minute. Ce nombre (calculé en tenant compte de l'action de la catalase, qui décompose l'eau oxygénée engendrée par la respiration flavinique) est : 15,7 (ou 18,9?) pour le rein; 32,3 pour le cœur; 15,2 (ou 7,7?) pour le foie; 44 pour le diaphragme; 25,4 pour la substance grise; 17,9 pour la substance blanche du cerveau. Ces valeurs s'accordent bien avec la valeur trouvée

([8]) Pour la rétine de bœuf.
([9]) EULER et ADLER, *Zeitschr. für physiol. Chemie*, **223**, 1934, p. 105.
([10]) EULER, HELLSTROEM et ADLER, *Zeitichr. f. vergl. Physiol.*, **21**, 1935, p. 739.

par Warburg et Christian ([4]) pour la respiration flavinique du *Bacillus Delbrückii*, qui selon ces auteurs, est égale à 30 par minute.

Le pouvoir catalytique du flavine-ferment paraît donc bien suffire à assurer la respiration résiduelle des tissus des Mammifères.

Cet ensemble de faits semble donc indiquer que la respiration résiduelle des tissus des mammifères doit être entièrement attribuée au système respiratoire flavine-ferment.

La description détaillée de la technique employée et des résultats obtenus paraîtra dans un prochain Mémoire ([5]).

EMBRYOGÉNIE EXPÉRIMENTALE. — *Sur les effets que peut avoir une dose de* $0^{mg},05$ *de testotérone sur l'histogenèse de la femelle chez le Cobaye.* Note ([1]) de Mme **Véra Dantchakoff**, présentée par M. Maurice Caullery.

Les embryons de cobaye, 30 jours après l'insémination, sont déjà sexuellement différenciés. Bien que l'emplacement des ébauches sexuelles, à ce stade, soit à peu près le même dans les deux sexes, ceux-ci sont néanmoins facilement identifiés : les gonades mâles sont bombées, en forme de noix, les gonades femelles aplaties, en amandes. Microscopiquement les gonades acquièrent déjà une structure propre à chaque sexe. Les conduits de Müller chez la femelle dépassent l'extrémité céphalique des gonades; chez le mâle, cette partie du canal de Müller a déjà régressé, ce qui est facilement confirmé par un examen microscopique. Par contre, les canaux de Wolff persistent à ce stade dans les deux sexes.

Une injection, dans un embryon femelle (de 20 jours), de l'hormone mâle, à la dose de $0^{mg},05$, en solution huileuse, ne semble provoquer chez lui aucune perturbation appréciable dans les 10 jours qui suivent l'injection. La ségrégation des sexes est effectuée chez les embryons, en accord avec leur déterminisme sexuel génétique. La quantité de solution huileuse supportée à ce stade par l'embryon est-elle insuffisante pour provoquer, dans l'embryon génétiquement femelle, des réactions spéciales mâles? Les effets dans les substrats atteints par ce corps chimique ne se feraient-ils pas sentir à une période plus avancée? Voici comment répond l'expérience à cette question.

Mes premières expériences, à la fin de 1935, ont fourni une série d'em-

([1]) Séance du 8 février 1937.

bryons dont je différenciais le sexe à première vue. La seule particularité qu'offraient ces embryons ne me semblait toutefois pas suffisamment prononcée pour en tirer, à cette époque, des conclusions définitives. Cette particularité concernait l'urèthre, qui, extérieurement, offrait un caractère mâle. Dans un embryon normal, l'identification du sexe peut se faire, rien qu'à l'inspection du phallus. De volume considérable et à peu près égal dans les deux sexes, il proémine fortement à ce stade. Mais, chez la femelle, il est plus court et surtout plus large que chez le mâle et se recourbe légèrement dans la direction de l'anus futur.

L'embryon femelle testostérinisé possède souvent, au 30e jour, un phallus de forme plutôt mâle. J'ai observé maintenant que ces changements deviennent beaucoup plus intenses à la suite de deux injections de testostéron-propionate, et je puis affirmer qu'une injection unique de testostérone n'est pas aussi inoffensive, qu'elle le paraissait de prime abord. En voici une démonstration.

Un cobaye ayant un embryon dans chacune de ses cornes utérines, fut laparotomisé. Chacun de ses deux embryons reçut 0g,05 de testostérone dans sa cavité amniotique. L'animal donna naissance à deux petits de sexe différent. Le mâle, à 4 mois, réalisait tous ses instincts mâles. La femelle, au premier coup d'œil, ne présentait pas d'anomalies apparentes, sauf peut-être un état toujours gonflé de ses organes génitaux externes. Jusqu'à 6 mois, l'animal n'accepta pas le mâle. Enfin, le 3 décembre 1936, des spermatozoïdes ont été retrouvés dans les frottis de son vagin (préparations faites journellement). Vingt jours après, l'animal fut opéré, mais ses cornes utérines ne contenaient pas d'embryons. Elles présentaient un aspect étrange et l'animal fut sacrifié.

A un examen minutieux des parties génitales externes, à la place du clitoris, se trouvait un organe (*fig.* 2) recouvert d'un repli cutané et en tous points semblables à un pénis bien différencié, mais plus petit que chez le mâle (*fig.* 1). Le sillon qui sépare le repli cutané du côté de l'abdomen était profond, et s'effaçait du côté opposé. Cet organe, lorsqu'on voulait le sortir du repli cutané, se montrait rattaché à celui-ci et formait une courbure, dont la convexité était dirigée du côté du vagin. Deux crochets, aussi longs que chez le mâle, se trouvaient des deux côtés de l'hiatus qui menait dans l'urèthre. Tous les détails de la surface rugueuse du pénis mâle ont pu être reconnus : les écailles oblongues à petits poils sur leurs bords et les protubérances sur la face dorsale.

Une qnantité minime d'hormone mâle injectée précocement a donc suffi pour déclencher des proliférations électives dans l'ébauche du pénis, qui préexiste chez la femelle. Nous avons fourni à cette ébauche ce qui lui manquait dans la femelle et ce que l'embryon mâle élabore grâce à sa constitution génétique.

Non moins intéressants sont les organes génitaux internes de l'animal. L'état de l'ovaire (avec de nombreux kystes) explique pourquoi aucun embryon n'a été retrouvé

à l'obduction. Les cornes de l'utérus, sous la forme de gros cordons, ont une consistance presque cartilagineuse. L'utérus, de même, ressemble peu à un utérus normal. Un examen ultérieur montrera si, dans le massif qu'occupe l'utérus, on va retrouver une prostate, comme dans un embryon injecté à deux reprises de testostéron-propionate, où elle est édifiée d'une manière inéluctable.

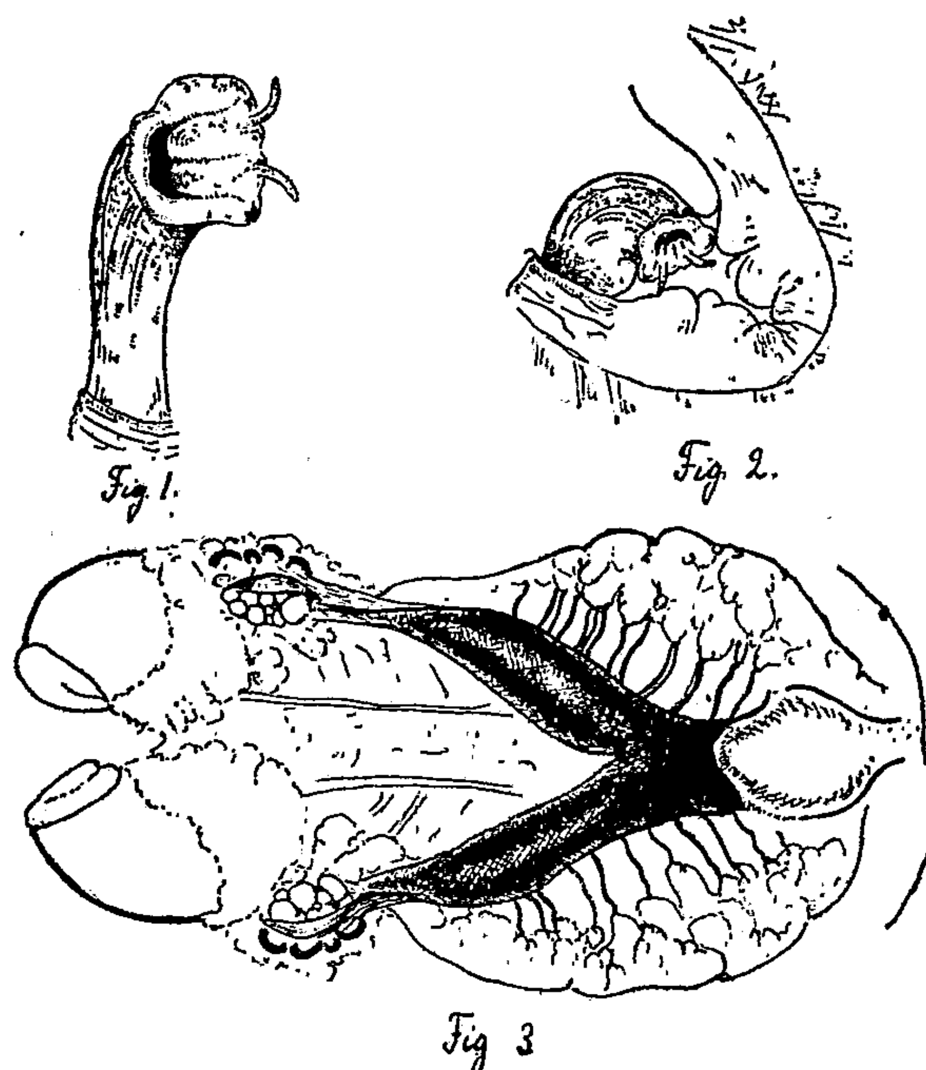


Fig. 1. — Pénis d'un mâle normal. Fig. 2. — Pénis d'une femelle testostérinisée.
Fig. 3. — Les organes génitaux internes.

L'hormone mâle adulte détermine dans l'organisme femelle des effets histogénétiques, dont l'efficacité est différente pour les diverses ébauches sexuelles. L'existence de seuils différentiels dans des substrats tissulaires est très évidente dans les effets de doses minimes administrées à un jeune embryon. *Un seuil très bas de réactions électives pour l'hormone mâle a été établi chez la femelle pour les tissus, qui forment l'ébauche du pénis.* Et ces effets se sont maintenus jusqu'à l'état adulte de l'animal.

A 15h35m l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à 16h40m.

A. Lx.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

Ouvrages reçus pendant les séances de janvier 1937.

Artères des muscles de la tête et du cou, par le Dr Michel Salmon. Paris, Masson et Cie, 1936; 1 vol. 24cm.

Titres et travaux scientifiques, par le Dr Michel Salmon. Paris, Masson et Cie, 1936; 1 vol. 27cm,5.

Biodynamique et radiations, par le Dr Jules Regnault. Paris, Amédée Legrand et Éditions Médicis, 1936; 1 vol. 25cm,5.

Le livre de la mer, manuscrit de la bibliothèque communale d'Anvers : 1° description et commentaires, par J. Denucé et G. Gernez; 2° fac-similé, in *Académie de Marine de Belgique*, tome I. Anvers « De Sirkel », 1936; 2 vol. 20cm (présenté par M. Durand-Viel).

Libro de Oro dedicado al Prof. Dr Angel H. Roffo, *en ocasion de sus Bodas de Plata con la cancerologia* (1910-1935). Buenos-Ayres, A. Giudi Buffarini; 1 vol. 28cm,5.

The physiology of the elephant, par Francis G. Benedict. Washington, Carnegie Institution, 1936; 1 vol. 25cm,5.

Oscillateurs à haute fréquence, in *Traité de radioélectricité* I, par J. Mercier. Paris, Delagrave, 1936; 1 vol. 25cm,5.

Contribution à l'étude de la bionomie générale et de l'exploitation de la faune du canal de Suez, par A. Gruvel, in *Mémoires présentés à l'Institut d'Égypte* et publiés sous les auspices de sa Majesté Fouad Ier, roi d'Égypte, tome 29. Le Caire, imprimerie de l'Institut français d'archéologie orientale, 1936; 1 vol. 28cm,5.

Martinique, carte dressée en 1930, sur l'ordre de M. le Gouverneur de l'île par A. Meunier, d'après les levés exécutés en 1925-1926 par la Compagnie Aérienne française, à l'échelle de 1/50.000e, 1936; fig. 1 et fig. 2, 2 cartes 75cm.

Una pipa de ceramica prehispanica con decoracion grabada del Uruguay (ensayo), par Mario A. Fontana, in *tercer Congreso internacional de historia y geografia de america*. Montevideo, imprenta « El Siglo Ilustrado », San-José 938, 1936; 1 fasc. 27cm,5.

Leçons sur la théorie des espaces à connexion projective, par E. Cartan et P. Vincensini, in *Cahiers scientifiques*, fascicule XVII. Paris, Gauthier-Villars et Cie, 1937; 1 vol. 25cm,5 (présenté par M. E. Cartan).

ERRATA.

(Séance du 28 décembre 1936.)

Note de M. *Albert Edrei*, Sur certains invariants-limites des séries entières :

Remplacer la dernière ligne de la page 1490 et la première ligne de la page 1491 par : « où λ_Φ, indépendant de k, n'est pas affecté par une translation ».

(Séance du 1er février 1937.)

Note de MM. *P. Carré* et *H. Passedouet*, L'influence du groupe terminal sur le point de fusion des composés aliphatiques à chaîne normale :

Par suite d'une erreur de mise en pages, les deux premières lignes de la page 349 doivent être placées en tête de la page 348 et les notes de cette dernière porter les nos (5) et (6).



ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 22 FÉVRIER 1937.

PRÉSIDENCE DE M. EMMANUEL LECLAINCHE.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Ministre de l'Éducation Nationale** adresse ampliation du décret, en date du 14 février 1937, portant approbation de l'élection que l'Académie a faite de M. **Jean Chazy** pour occuper dans la Section d'Astronomie la place vacante par le décès de M. *M. Hamy*.

Il est donné lecture de ce décret.

Sur l'invitation de M. le Président, M. **Jean Chazy** prend place parmi ses Confrères.

Après le dépouillement de la Correspondance M. le **Président** s'exprime en ces termes :

Mes chers Confrères,

Un lourd et fatal destin nous accable. Pour la quatrième fois depuis quelques semaines nous nous levons pour honorer la mémoire de l'un des nôtres. **Paul Janet** est mort dans l'après-midi d'hier, après une courte maladie.

Né à Paris le 10 janvier 1863, Janet est licencié ès sciences physiques et mathématiques pendant sa scolarité à l'École Normale; il est agrégé des sciences physiques à la fin de ses études, en 1886, et docteur ès sciences physiques en 1890. Un hasard heureux l'envoie à Grenoble pour y enseigner la Physique générale à la Faculté des Sciences. C'est là qu'ont été réalisées, trois années auparavant, les belles expériences de Marcel Deprez sur le transport électrique de la puissance mécanique. Le jeune professeur

comprend aussitôt l'intérêt d'un enseignement technique de l'électricité au centre d'une région où abondent les sources d'énergie mécanique.

En 1891, il fait émettre par la Faculté des Sciences un vœu tendant à la création d'une chaire d'Electricité industrielle; mais, sans attendre le résultat problématique et lointain d'une démarche administrative, il ouvre, le 2 février 1892, avec l'appui de la municipalité, un cours du soir en huit leçons sur les premiers principes de l'électricité industrielle. Le succès dépasse toute attente; les locaux sont trop petits pour contenir les auditeurs; la Chambre de Commerce ouvre une souscription; le Conseil municipal de Grenoble et le Conseil général de l'Isère accordent des subventions; en quelques mois, par l'initiative privée, un Institut électrotechnique est créé à la Faculté des Sciences. On sait ce qu'il est devenu. Paul Janet fut le merveilleux animateur d'un mouvement qui devait gagner toute la France.

En novembre 1894, il est appelé à la Faculté des Sciences de Paris. Il existe, depuis 1881, un Laboratoire central d'Électricité, créé sur l'initiative de la Société des Électriciens, établissement privé qui poursuit à la fois des travaux scientifiques et techniques. Mascart, président de la Commission administrative, choisit Janet pour le diriger.

Les travaux réalisés sur la détermination des étalons électriques, sur les mesures et le contrôle des instruments et des appareils, présentés à l'Académie en 1910 et en 1912, constituent un monument scientifique en même temps qu'une base solide pour les études d'électricité industrielle. En 1894, l'École Supérieure d'Électricité est créée par la Société des Électriciens; ses statuts en font une institution entièrement indépendante, et son Directeur se plaisait à constater que cette situation n'avait certainement pas nui à la réputation dont elle jouit en France et dans le monde.

C'est dans la direction de ce centre d'études et de documentation que Janet devait donner toute la mesure de ses éminentes qualités de savant et d'organisateur.

Ses travaux, portant sur de multiples questions, seraient suffisants pour lui assurer un rang éminent parmi les physiciens de l'époque, mais son œuvre d'enseignant et d'organisateur retient surtout l'attention. Les *Premiers principes d'Électricité industrielle*, publiés à Grenoble pour ses premiers disciples, constituent une œuvre admirable au point de vue pédagogique. Il s'agissait en l'espèce d'éviter l'écueil de la vulgarisation et cependant de donner à des auditeurs insuffisamment préparés en général des idées exactes sur une science d'un accès difficile entre tous. C'est

l'imagination de l'élève que l'auteur sollicite : « Nous l'avons largement mise à contribution dans cet ouvrage », dit-il dans sa préface ; « elle permettra au lecteur d'arriver à des notions précises, à des idées vraies, sans passer par le long détour des mathématiques qui, s'il aboutit à la rigueur la plus absolue, n'est peut-être pas le chemin le plus naturel pour parvenir à des notions fondamentales ». Livre de vulgarisation tout de même, mais aussi livre bien français par sa lumineuse clarté. Les ouvrages publiés ensuite, destinés ceux-là à une autre catégorie d'élèves, ont un caractère différent et cependant ils procèdent de la même inspiration et l'auteur ne veut voir en eux qu'une suite aux *Premiers principes*, ouvrage de jeunesse et d'enthousiasme qui lui rappelait ses meilleurs souvenirs.

Ce n'est pas en cette minute troublée et dans une Note hâtivement rédigée qu'il est possible d'évoquer comme il conviendrait l'œuvre de Janet et le rôle considérable qu'il a rempli, en France et à l'étranger, dans la science et dans l'industrie.

Trois fois lauréat de notre Académie, il avait reçu en 1913 la grande médaille d'or à l'effigie d'Ampère, de la Société d'Encouragement pour l'Industrie nationale et, en 1930, la médaille Mascart lui était attribuée par la Société française des Électriciens. Il avait été élu Membre libre en 1919, en remplacement de Landouzy.

Notre Confrère laisse parmi nous de durables souvenirs. Nous l'aimions à la fois pour sa bonté, pour sa simplicité et pour la cordialité de son accueil, peut-être aussi pour l'apparente timidité qui dissimulait sa magnifique énergie. Avec lui disparaît un grand savant, un grand travailleur et un puissant créateur.

A Madame Paul Janet, à ses enfants et à toute sa famille, nous adressons l'expression de nos profonds regrets et de notre cordiale sympathie.

La séance publique sera levée en signe de deuil, après l'élection inscrite à l'ordre du jour.

AGRONOMIE. — *Possibilité de mesurer séparément, à tout moment de la végétation, l'effet nutritif et l'effet améliorant d'un apport d'engrais.* Note (¹) de MM. **Henri Lagatu** et **Louis Maume**.

Tout phénomène d'alimentation végétale comporte nécessairement en agronomie deux points de vue distincts : l'un qui, ressortissant à la phy-

(¹) Séance du 15 février 1937.

siologie, note à la fois le phénomène et les conditions où on l'a obtenu, par exemple l'engrais agissant sur une plante donnée, à un moment donné de sa végétation et de l'évolution du milieu (sol et atmosphère); l'autre qui, ressortissant à la critique des valeurs, juge le phénomène sur son utilité pratique.

La méthode d'analyse périodique d'une feuille prise en place convenablement choisie (diagnostic foliaire) permet de mesurer séparément ces deux effets distincts d'un engrais.

Soient les teneurs respectives en azote, acide phosphorique et potasse pour 100 de matière sèche de la feuille : x, y, z dans la plante fumée; a, b, c dans la plante témoin au même moment; a_0, b_0, c_0 dans la plante présentant l'optimum d'alimentation. Ces grandeurs recèlent implicitement deux caractères distincts : d'une part celui qui résulte de leurs rapports mutuels, lesquels définissent l'équilibre NPK dans la feuille et sont des invariants quelles que soient les teneurs en autres matières (matière organique, eau, autres constituants minéraux); d'autre part le caractère qui résulte de leur somme $x+y+z=s$ (de même $a+b+c=t$, $a_0+b_0+c_0=t_0$), laquelle définit la quantité globale d'alimentation NPK pour 100 de matière sèche. Si l'on s'en tient, comme de coutume, aux trois principes fertilisants principaux, il nous paraît préférable, bien que nos raisonnements puissent s'appliquer aux teneurs x, y, z, etc., de considérer séparément ces deux caractères en les explicitant. Posant $X=100\,x/s$, $Y=100\,y/s$, $Z=100\,z/s$, on a $X+Y+Z=100$ (de même $A+B+C=100$, $A_0+B_0+C_0=100$).

Effet nutritif. — 1° *Sur l'équilibre* NPK : il est mesuré par le déplacement de l'équilibre (point de départ) du témoin A, B, C pour aller à l'équilibre (point d'arrivée) de la plante fumée X, Y, Z, par conséquent par les différences :

Pour l'azote	$X-A$
Pour l'acide phosphorique.....	$Y-B$
Pour la potasse..............	$Z-C$

qui sont positives ou négatives, leur somme étant toujours nulle.

2° *Sur l'alimentation globale* NPK : il est mesuré par la différence $s-t$.

Effet améliorant. — La notion même d'amélioration suppose une norme connue à réaliser : optimum A_0, B_0, C_0 d'équilibre NPK, optimum t_0 d'alimentation globale NPK, tous deux corrélatifs du type souhaité de développement de la plante au moment considéré.

1° *Sur l'équilibre* NPK : l'effet améliorant est mesuré par les rapports :

	Pour l'azote.	Pour l'acide phosphorique.	Pour la potasse.
$\dfrac{\text{Déplacement réalisé}}{\text{Déplacement souhaité}}=$	$\dfrac{X-A}{A_0-A}$,	$\dfrac{Y-B}{B_0-B}$,	$\dfrac{Z-C}{C_0-C}$.

Pour une réussite alimentaire complète, ces trois rapports, qui mesurent le déplacement réalisé en prenant pour unité le déplacement souhaité, seraient égaux à $+1$. En fait, ils sont trouvés positifs ou négatifs et différents de l'unité. Tout rapport négatif indiquera un déplacement de sens contraire à celui du déplacement souhaité; tout rapport positif inférieur à $+1$ indiquera la fraction du déplacement souhaité qu'a réalisée l'engrais; tout rapport positif supérieur à $+1$ indiquera, par sa valeur au-dessus de $+1$, le dépassement au delà du but visé.

2° *Sur l'alimentation globale* NPK : l'effet améliorant a pour expression $(s-t)/(t_0-t)$ avec la même interprétation.

Voici un exemple concret : Vigne aramon sur *Rupestris* ayant reçu pendant six années consécutives 600kg par hectare de K^2O du KCl, seul engrais.

Optimum (²) d'équilibre NPK à toute époque : $A_0 = 41$, $B_0 = 8$, $C_0 = 51$.

Optimum d'alimentation globale NPK au 12 juillet : $t_0 = 7,63$.

Échantillonnage du 17 *juillet* 1934.

	x.	*y*.	*z*.	*s*.	X.	Y.	Z.	X — A.	Y — B.	Z — C.
Parcelle fumée.	1,70	0,38	1,80	3,88	43,82	9,79	46,39	— 8,78	—7,34	+16,12
	a.	*b*.	*c*.	*t*.	A.	B.	C.	A_0 — A.	B_0 — B.	C_0 — C.
Parcelle témoin.	1,72	0,56	0,99	3,27	52,60	17,13	30,27	—11,60	—9,13	+20,73

Effet améliorant sur l'équilibre NPK :

$$\frac{X-A}{A_0-A} = \frac{-8,78}{-11,60} = +0,757, \qquad \frac{Y-B}{B_0-B} = \frac{-7,34}{-9,13} = +0,804,$$

$$\frac{Z-C}{C_0-C} = \frac{+16,12}{+20,73} = +0,778.$$

Effet améliorant sur l'alimentation globale NPK :

$$s = 3,88, \qquad t = 3,27, \qquad s-t = +0,61, \qquad t_0 - t = +4,36,$$

$$\frac{s-t}{t_0-t} = \frac{+0,61}{+4,36} = +0,140.$$

Ainsi que l'indiquent les trois signes positifs de l'effet améliorant, la parcelle fumée a bénéficié, le 17 juillet 1934, d'un déplacement très avantageux de l'équilibre NPK pour les trois principes : l'azote éprouvait 75,7 pour 100 de la diminution souhaitée; l'acide phosphorique éprouvait 80,4 pour 100 de la diminution souhaitée; la potasse éprouvait 77,8 pour 100 de l'augmentation souhaitée. Quant à l'alimentation globale NPK, elle n'atteignait que 14 pour 100 de l'augmentation souhaitée.

(²) *Comptes rendus Acad. d'Agric.*, **22**, 1936, p. 363.

REMARQUES. — *a.* Si le témoin manque, on ignore l'effet nutritif; mais on n'est pas complètement désarmé : les grandeurs $A_0 - X$, $B_0 - Y$, $C_0 - Z$ mesurent le chemin qui, pour chaque principe, reste à parcourir avant d'atteindre l'optimum. C'est le cas de la consultation pour suggérer une fumure appropriée chez un propriétaire qui n'a pas constitué de parcelle témoin.

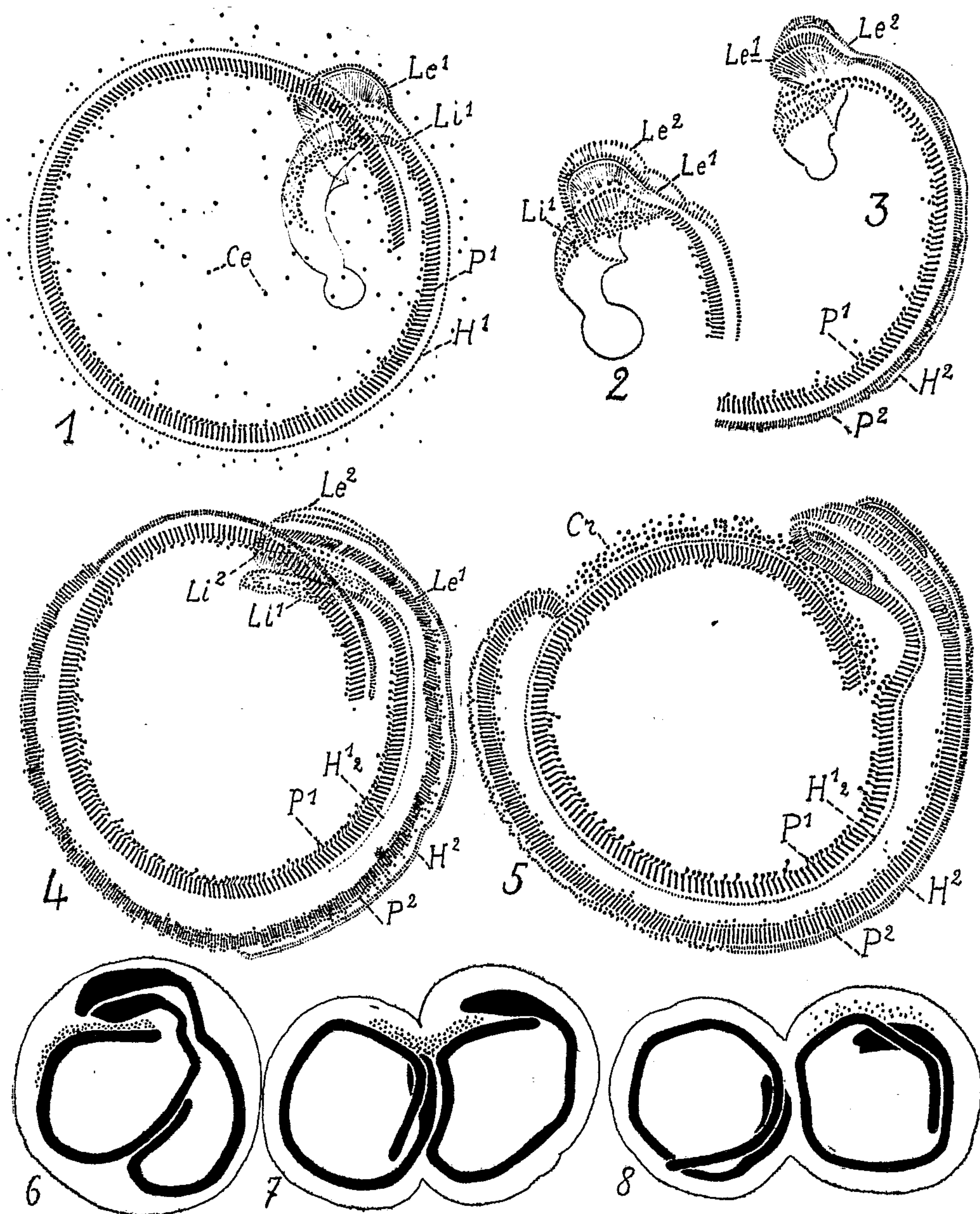
b. Si l'on voulait appliquer les mêmes raisonnements aux résultats de l'analyse de la plante entière, on aurait, outre la difficulté de cette analyse pour les cultures arbustives comme la vigne, l'inconvénient de raisonner, non sur des tests de l'alimentation au moment considéré, mais sur des acquisitions accumulées pendant tout le temps de végétation qui précède ce moment.

c. La méthode s'applique à la mesure de l'influence sur l'alimentation NPK de toute opération technique : labour, irrigation, etc.

PROTISTOLOGIE. — *La division de la bouche et la formation du péristome chez les Péritriches* (Cyclochæta astropectinis n. sp.). *Leur continuité génétique immédiate.* Note de M. ÉDOUARD CHATTON et de Mme SIMONE VILLENEUVE.

É. Chatton et A. Lwoff et leurs collaborateurs ont montré que, chez divers infusoires Holotriches, l'ébauche de la nouvelle bouche est toujours en continuité avec la bouche ancienne, soit par l'intermédiaire d'une *cinétie stomatogène* [Apostomes, *Glaucoma*, *Colpidium* (1), Ancistrumidés (2)], soit par l'intermédiaire de la ciliature générale [*Chilodon* (1)]. Simone Villeneuve a mis en évidence une continuité du premier mode chez un Hétérotriche, *Chattonidium setense* (3). Chatton et Seguela montreront d'autre part que, chez les Hypotriches, cette continuité est assurée par les cinétosomes erratiques dispersés sur l'argyrome. Quant aux Péritriches, Wallengren (4) a observé chez les Urcéolaires les stades terminaux de la division où l'on voit deux péristomes déjà complètement formés, concentriques, se dégager l'un de l'autre pour passer sur les

(1) *Arch. Zool. exp.*, 77, 1935, p. 1-433, pl. I-XXI.
(2) *Arch. Zool. exp.*, 78, N. et R., 1936, p. 84-91.
(3) *Arch. Zool. exp.*, 78, 1937, p. 238-242.
(4) *Sart. ur. Fysiograph. Sälls. Handl.*, 8, 1897, p. 1-52, pl. I-II.



Cyclochæta astropectinis, n. sp. Bouche et péristome imprégnés à l'argent (Méthode de Chatton et Lwoff). —Fig. 1. Période interscissiale. — Fig. 2-5. Phénomènes cinétosomiens aboutissant à la division de la bouche et à la formation des deux péristomes × 1600. — Fig. 6-8. Dégagement l'un de l'autre des deux nouveaux péristomes; demi-schématique × 800 (pour les lettres voir le texte).

individus fils, figure qui pouvait faire présumer l'existence, entre eux, d'une continuité génétique directe.

C'est bien ce que démontre l'étude complète que nous venons de faire de leur genèse chez une autre Urcéolaire, *Cyclochæta astropectinis*, *n. sp.* parasite des *Astropecten bispinosus* du Port de Sète.

Dans sa période d'inertie interscissiale, le péristome y est constitué (*fig.* 1), comme chez les autres Péritriches, par une polycinétie P^1, interne, qui forme aussi la lèvre interne Li^1 de la bouche et par une haplocinétie H^1, externe, qui forme la lèvre externe Le^1 de la bouche.

Contrairement à tous les cas étudiés jusqu'ici, c'est dans la bouche ancienne même que débutent les mouvements cinétosomiens qui sont à l'origine de la nouvelle. Le^1 produit Le^2 par élinéation externe (*fig.* 2). Par le même processus, H^1 se dédouble sur toute sa longueur (*fig.* 3). A partir de Le^2 pousse H^2 le long de la moitié adorale de H^1 (*fig.* 3 et 4). Dans celle-ci la prolifération des cinétosomes dans le sens radiaire en fait des bâtonnets très serrés, dont l'ensemble constitue la polycinétie P^2 du nouveau péristome (externe); mais ce mouvement est limité à ses deux tiers adoraux. En même temps pousse à partir de Li^2 élinéée par Li^1, le long de P^1 et sur toute sa longueur, la nouvelle haplocinétie $H^1 2$ du péristome interne.

A ce stade le péristome interne (*fig.* 5) est donc reconstitué par la poussée à partir de la bouche de $H^1 2$. Le nouveau péristome externe est représenté par P^2 ($= H^1$ transformée dans ses deux tiers adoraux) et par H^2 formée à partir de la bouche, mais sur la moitié adorale seulement de P^2. Sa moitié aborale le sera par élinéation externe de P^2. L'origine de H^2 est donc double. Quant au tiers aboral de P^2, ses cinétosomes (C. r, *fig.* 5) sont destinés à se disperser après être passés le long du péristome externe (*fig.* 7 et 8). Ils forment en définitive des cinétosomes erratiques (C. e, *fig.* 1).

Au moment où les deux péristomes sont ainsi reconstitués, l'interne est encore inscrit dans l'externe (*fig.* 5). C'est à cette figure que correspond le schéma, donné par Wallengren, du stade le plus précoce qu'il ait observé. L'auteur suédois n'a donc pas été témoin de la genèse proprement dite des bouches et des péristomes. Tout ce qui suit n'est plus en effet qu'une série, assurément très remarquable et très constante, de mouvements d'ensemble qui aboutissent à la sortie totale du péristome interne de l'externe et à sa mise en position à ses côtés, de sorte que l'un et l'autre sont prêts à passer sur les deux individus fils qui résultent de la scission méridienne de la Cyclochète.

Conclusions. — La stomatogénèse des Péritriches se différencie de celle de tous les autres Ciliés où nous l'avons étudiée par le fait que l'ébauche de la nouvelle bouche est ici en continuité immédiate avec l'ancienne. C'est là une véritable division de la bouche et une division longitudinale partielle du péristome, qui s'accompagne de la régénération de certaines de ses parties. Les Péritriches réalisent donc, parmi les Ciliés, l'exemple de la continuité génétique des formations orales, la plus immédiate que nous connaissions.

Ajoutons que, chez les Holotriches de la famille des Ancistrumidés, le péristome, formé aussi d'une polycinétie et d'une haplocinétie, est d'une structure si semblable à celui des Péritriches qu'on aurait pu penser faire dériver celui-ci de celui-là, en dépit du fait qu'ils sont enroulés l'un dans le sens anthoraire, l'autre dans le sens horaire. Mais leur comportement à la division (étudié chez les Ancistrumidés par Chatton et Lwoff) est si différent qu'une telle tentative serait tout à fait illusoire. A tous égards, les Péritriches restent très isolés dans le groupe des Ciliés.

NOMINATIONS.

M. Charles Gravier est désigné pour représenter l'Académie au *XIIIe Congrès National des Pêches et Industries Maritimes*, qui se tiendra à Paris dans la deuxième quinzaine de septembre 1937.

M. Maurice d'Ocagne est désigné pour représenter l'Académie à la commémoration du *Centième anniversaire* de la mort de René Desgenettes.

ÉLECTIONS.

L'Académie procède par la voie du scrutin à l'élection d'un Associé étranger en remplacement de M. *E. Paterno di Sessa* décédé.

Le nombre de votants étant 44,

M. Simon Flexner	obtient	....	31	suffrages
M. Thomas Hunt Morgan	»	....	3	»
M. Amé Pictet	»	....	3	»
M. William Henry Bragg	»	....	2	»
M. Tullio Levi-Cività	»	....	2	»

Il y a 3 bulletins blancs.

M. **Simon Flexner**, ayant réuni la majorité absolue des suffrages, est proclamé élu.

Son élection sera soumise à l'approbation de M. le Président de la République.

CORRESPONDANCE.

M. le **Ministre de l'Éducation Nationale** invite l'Académie à lui présenter une liste de candidats au poste de *Directeur de l'Institut de Météorologie et de Physique du Globe de l'Algérie*, déclaré vacant par arrêté du 16 décembre 1936.

(Renvoi aux Sections d'Astronomie et de Physique générale.)

M. le **Ministre de l'Éducation Nationale** invite l'Académie à lui présenter une liste de deux candidats à chacune des Chaires de *Zoologie* et de *Minéralogie* vacantes au Muséum national d'Histoire naturelle.

(Renvoi à la Section d'Anatomie et Zoologie et à celle de Minéralogie.)

Le **Comité d'organisation** d'une *Séance solennelle* à la mémoire d'Henry Le Chatelier prie l'Académie de vouloir bien accorder son patronage et se faire représenter à la cérémonie, le 24 avril 1937, à la Sorbonne.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° Henri Besairie. *Recherches géologiques à Madagascar.* Première suite. *La Géologie du Nord-Ouest.*

2° F. E. Magarinos Torres. *Contribuição para o estudo hydrometrico do rio Parahyba do Sul.*

GÉOMÉTRIE. — *Sur deux théorèmes classiques de géométrie conforme.* Note (1) de M. **René Garnier.**

1. Liouville a montré que le groupe G des transformations conformes de l'espace se réduit à un produit de déplacements, de symétries et d'inver-

(1) Séance du 1er février 1937.

sions; et d'après un théorème de Lie le groupe G_1 des transformations de contact conservant les bandes de courbure peut être engendré par le produit des transformations de G et des dilatations.

Or, suivant une remarque de G. Darboux, les transformations de G et G_1 peuvent être étudiées très simplement en coordonnées pentasphériques; c'est ainsi que M. É. Borel a décomposé une transformation quelconque de G en un produit de translations, de rotations et d'inversions autour d'un point O. Mais il y a plus, *l'emploi des coordonnées pentasphériques fournit aisément une base réduite pour chacun des groupes* G *et* G_1. Ces bases peuvent s'obtenir sous diverses formes que nous allons indiquer.

2. Considérons le pentaèdre orthogonal formé par les plans S_1 $(x = 0)$, $S_2(y = 0)$, $S_3(z = 0)$ et par les sphères S_4 et S_5, de centre (0, 0, 0) de rayons 1 et $\sqrt{-1}$. En géométrie complexe G admet la base

$$\mathcal{B} = (\mathcal{R}^\varphi, \mathcal{S}_2, \mathcal{S}_3, \mathcal{S}_4, \mathcal{S}_5),$$

où $\mathcal{R}^\varphi$ est la *rotation* d'amplitude variable φ, réelle ou non, autour de l'axe Oz commun à S_1 et S_2 et où $\mathcal{S}_j (j = 2, 3, 4, 5)$ désigne l'une quelconque des *inversions* (planes ou sphériques) qui échangent S_1 et S_j. Ce résultat est la conséquence immédiate de la décomposition récurrente des substitutions orthogonales. Mais $\mathcal{S}_5$ est une transformation imaginaire; il est donc naturel de chercher une base réelle pour G en géométrie réelle. Une analyse plus approfondie montre qu'effectivement, *en géométrie réelle*, G *admet la base réelle*

$$\mathcal{B}' = (\mathcal{R}^\varphi, \mathcal{S}_2, \mathcal{S}_3, \mathcal{S}_4, \mathcal{H}_0),$$

où φ est réel et où $\mathcal{H}_0$ *est une homothétie bien déterminée*, de centre O, de rapport réel choisi une fois pour toutes $(\neq \pm 1)$. D'ailleurs, pour φ complexe, $\mathcal{B}'$ constitue encore une base de G en géométrie complexe.

3. Passons à G_1. Comme l'a montré M. É. Borel, l'emploi de la sixième coordonnée pentasphérique conduit tout naturellement à orienter les éléments de contact; soit Γ le groupe des transformations de contact orientées conservant les lignes de courbure. La construction d'une base pour Γ fournit aisément une base pour G_1. Or on montre que Γ admet les bases réduites

$$\mathcal{B}_1 = (\mathcal{B}, \mathcal{T}) \qquad \text{et} \qquad \mathcal{B}'_1 = (\mathcal{D}', \mathcal{T}_1),$$

où $\mathcal{T}_1$ *est une transformation par directions réciproques d'Ossian-Bonnet*, admettant S_1 pour plan fondamental. $\mathcal{T}_1$ est imaginaire; mais si l'on définit $\mathcal{T}_5$ à partir de S_5 comme $\mathcal{T}_1$ à partir de S_1, soit

$$\mathcal{T}_5 = \mathcal{S}_5 \mathcal{T}_1 \mathcal{S}_5^{-1} = \mathcal{S}_5 \mathcal{T}_1 \mathcal{S}_5,$$

$\mathcal{C}_5$ *sera réelle.* Les ensembles

$$\mathcal{B}_1 = (\mathcal{B}, \mathcal{C}_5) \quad \text{et} \quad \mathcal{B}'_2 = (\mathcal{B}', \mathcal{C}_5)$$

constitueront encore des bases réduites pour Γ; et *en géométrie réelle* $\mathcal{B}'_1$ *(avec φ réel) sera une base réduite réelle.* On peut d'ailleurs remplacer $\mathcal{C}_1$ dans $\mathcal{B}_1$ et $\mathcal{B}'_1$, comme $\mathcal{C}_5$ dans $\mathcal{B}_2$ et $\mathcal{B}'_2$ par *une dilatation réelle* $\mathcal{D}_0$, *choisie une fois pour toutes*, et réciproque, c'est-à-dire changeant l'orientation des éléments.

On montre que toute transformation de G ou de G_1 peut s'exprimer à l'aide d'un nombre uniformément borné de transformations de $\mathcal{B}$, $\mathcal{B}_1$ ou $\mathcal{B}_2$; mais il n'en est plus de même avec les bases $\mathcal{B}'$, $\mathcal{B}'_1$ ou $\mathcal{B}'_2$.

4. Les résultats précédents justifient une fois de plus le rôle du pentasphère en géométrie conforme. Ils font intervenir l'étude de certains sous-groupes à trois paramètres de G_1 et G_2; ces sous-groupes sont isomorphes au groupe des homographies planes conservant une conique; il est remarquable que par cette voie *la dilatation, comme la transformation d'Ossian-Bonnet et celle plus générale de Laguerre s'introduisent naturellement comme éléments de réduction.* Ajoutons enfin qu'on utilise un cas particulier du théorème suivant : *il n'existe aucune matrice orthogonale du type*

$$\begin{array}{c} \overbrace{}^{2n-p\text{ col.}} \;\; \overbrace{}^{p-h\text{ col.}} \\ \left[\begin{array}{cc} +\ldots+ & -\ldots- \\ \ldots\ldots & \ldots\ldots \\ +\ldots+ & -\ldots- \\ -\ldots- & +\ldots+ \\ \ldots\ldots & \ldots\ldots \\ -\ldots- & +\ldots+ \end{array}\right] \end{array} \begin{array}{l} \left.\vphantom{\begin{array}{c}a\\a\\a\end{array}}\right\} p \text{ lignes} \\ \left.\vphantom{\begin{array}{c}a\\a\\a\end{array}}\right\} 2n-p-h \text{ lignes} \end{array}$$

où les lignes + et — désignent respectivement des éléments réels et purement imaginaires, et où h, p, n sont des entiers tels que

$$0 \leqq h \leqq p < n.$$

Le théorème cesserait d'être exact pour $p = n$.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur certains problèmes à la frontière polygonale non totalement caractéristique pour une classe d'équations aux dérivées partielles d'ordre supérieur.* Note [1] de M. **D. Mangeron.**

1. J'ai étudié par diverses méthodes les problèmes à la frontière d'un rectangle des caractéristiques réelles et multiples d'une classe d'équations

[1] Séance du 15 février 1937.

aux dérivées totales au sens de M. M. Picone d'ordre supérieur (²). Je me propose ici, en me bornant à deux dimensions, de donner les plus simples des résultats que j'ai obtenus en étudiant les problèmes analogues à la frontière des domaines polygonaux non caractéristiques. Les développements paraîtront dans un autre Recueil.

2. Je choisis comme modèle l'équation

$$\frac{\partial^4 u}{\partial x^2\,\partial y^2}=f(x,y), \tag{1}$$

dont la solution générale est

$$\begin{aligned} u(x,y)=&\iint_{00}^{xy}[\alpha(s)+\beta(t)]\,ds\,dt+\gamma(x)+\delta(y)\\ &+\iint_{00}^{xy}(x-s)(y-t)f(s,t)\,ds\,dt. \end{aligned} \tag{2}$$

Je suppose la fonction $f(x,y)$ continue et définie pour le domaine $\mathrm{R}\begin{pmatrix}0\leqq x\leqq c\\ 0\leqq y\leqq d\end{pmatrix}$. Je trouve pour la solution de l'équation (1), s'annulant à la frontière FP d'un domaine quadrilatère P contenu dans R et limité par les côtés d'équations $y=0$, $y=d$, $y=mx$, $x=c$,

$$u(x,y)=\iint_{\mathrm{R}}\mathrm{G}(x,y;s,t)f(s,t)\,ds\,dt, \tag{3}$$

où

$$\begin{aligned} \left(c-\frac{y}{m}\right)d\,\mathrm{G}(x,y;s,t)\\ &=0, &&\text{pour } 0\leqq s\leqq\frac{y}{m},\ 0\leqq t\leqq y;\\ &=\left(s-\frac{y}{m}\right)(d-y)(c-x)t, &&\text{»}\ \frac{y}{m}\leqq s\leqq x,\ 0\leqq t\leqq y;\\ &=\left(x-\frac{y}{m}\right)(d-y)(c-s)t, &&\text{»}\ x\leqq s\leqq c,\ 0\leqq t\leqq y;\\ &=\left(x-\frac{y}{m}\right)(d-t)(c-s)y, &&\text{»}\ x\leqq s\leqq c,\ y\leqq t\leqq d;\\ &=\left(s-\frac{y}{m}\right)(d-t)(c-x)y, &&\text{»}\ \frac{y}{m}\leqq s\leqq x,\ y\leqq t\leqq d;\\ &=0, &&\text{»}\ 0\leqq s\leqq\frac{y}{m},\ y\leqq t\leqq d. \end{aligned} \tag{4}$$

Ainsi le système différentiel formé d'une équation avec un paramètre λ,

(²) *Rend. R. Accad. Sc. Fis. e. Matem.*, Napoli, 4ᵉ série, 2, 1932, p. 29.

qui généralise habituellement (1) et les conditions données à la frontière, se transforme en une équation intégrale à laquelle on peut utilement appliquer des théorèmes classiques, surtout si l'on observe certaines propriétés du noyau $G(x, y; s, t)$.

Le même problème, pour le contour formé par les droites d'équations $x = c$, $y = d$, $y = m_1 x$, $y = m_2 x$, $m_1 > m_2 > 0$, en conservant naturellement la continuité nécessaire pour les solutions, me conduit, par exemple, pour la fonction inconnue $\delta(y)$ de (2) à l'équation suivante :

$$
\begin{aligned}
(5)\quad & m_1\left(c - \frac{y}{m_1}\right)\left(d - \frac{m_2 y}{m_1}\right)\delta(y) \\
& = m_1\left(c - \frac{y}{m_1}\right)(d - y)\,\delta\left(\frac{m_2 y}{m_1}\right) + (m_2 - m_1)\left(c - \frac{y}{m_1}\right) y (d - y)\gamma(0) \\
& + \left(\frac{m_2}{m_1} - 1\right) y^2 (d - y)\left[\gamma(c) + \delta(0) + \iint_{R} (c - s)(d - t) f(s, t)\, ds\, dt\right] \\
& - c(m_2 - m_1) y (d - y) \iint_{00}^{\frac{y}{m_1} d} \left(\frac{y}{m_1} - s\right)(d - t) f(s, t)\, ds\, dt \\
& + y\left(d - \frac{m_2 y}{m_1}\right) \iint_{00}^{cy} (c - s)(y - t) f(s, t)\, ds\, dt \\
& - c m_1 \left(d - \frac{m_2 y}{m_1}\right) \iint_{00}^{\frac{y}{m_1} y} \left(\frac{y}{m_1} - s\right)(y - t) f(s, t)\, ds\, dt \\
& - y(d - y) \iint_{00}^{c \frac{m_2 y}{m_1}} (c - s)\left(\frac{m_2 y}{m_1} - t\right) f(s, t)\, ds\, dt \\
& + c m_1 (d - y) \iint_{00}^{\frac{y}{m_1} \frac{m_2 y}{m_1}} \left(\frac{y}{m_1} - s\right)\left(\frac{m_2 y}{m_1} - t\right) f(s, t)\, ds\, dt.
\end{aligned}
$$

Or celle-ci est une équation fonctionnelle de M. E. Picard ([3]), les fonctions qui y entrent satisfaisant à toutes les suppositions nécessaires pour lui assurer la convergence et l'unicité de la solution. On détermine les autres fonctions inconnues sans autre difficulté. Les constantes arbitraires disparaissent de la solution.

En particulier, pour $f(x, y) \equiv 1$ dans R, la solution est donnée encore sous la forme (3) où $G_1(x, y; s, t)$ est un noyau analogue à $G(x, y; s, t)$.

3. On peut étendre ces résultats aux équations de même ordre linéaires

([3]) *Comptes rendus*, **144**, 1909, p. 1009.

plus compliquées ou de même forme mais d'ordre plus élevé ([4]). On peut considérer des conditions plus générales à la frontière et choisir des contours polygonaux plus compliqués. Ces études se rattachent au problème de M. Picard étudié, entre autres, pour les équations hyperboliques par M. A. Myller ([5]).

On peut former, suivant M. C. Popovici, à côté de la solution continue de l'équation (5), d'autres solutions qui ont pour $y = 0$ une singularité que l'on peut dire essentielle. Le théorème d'unicité disparaît ([6]).

Il serait intéressant de préciser quelles sont les conditions supplémentaires pour assurer l'unicité de la solution lorsque les côtés non caractéristiques du contour de P ne se trouvent pas dans l'angle même des caractéristiques de systèmes divers.

HYDRODYNAMIQUE EXPÉRIMENTALE. — *Tourbillons thermoconvectifs alternés en couche mince.* Note ([1]) de M. M. Luntz, présentée par M. Henri Villat.

On a souvent observé des configurations tourbillonnaires, de forme dentelée, se formant sur les bords inclinés de récipients contenant un liquide chaud. Plongeons une plaque de verre froid dans un récipient contenant de la paraffine fondue. Le liquide monte par capillarité le long de cette plaque et nous observons (*fig.* 1 et 2) la formation d'une série de

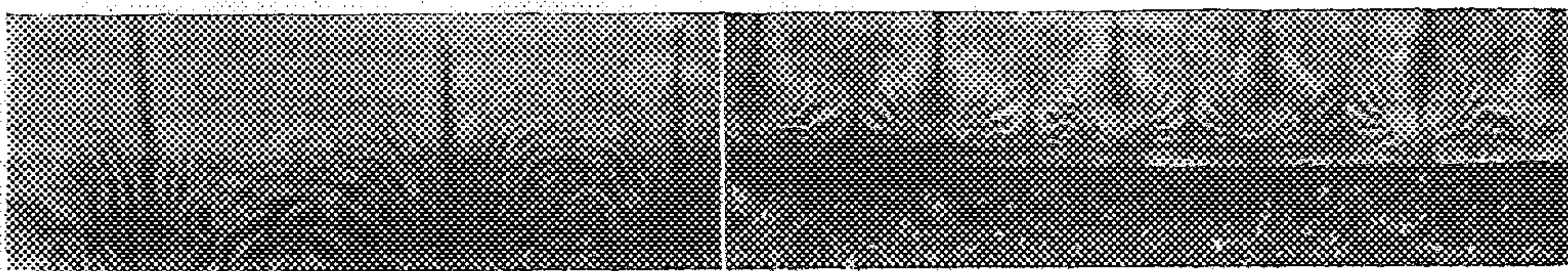


Fig. 1. Fig. 2.

tourbillons contigus, à contour sensiblement rectangulaire, et dont les axes sont perpendiculaires à la couche du liquide.

Ce mouvement tourbillonnaire fait partie d'une catégorie très vaste de mouvements convectifs (thermo- et électro-), où le fluide est compris entre

([4]) *Comptes rendus*, 204, 1937, p. 94.

([5]) *Math. Annalen*, 68, 1907, p. 75.

([6]) V. Volterra et J. Pérès, *Théorie générale des fonctionnelles*, Paris, 1936, p. 210.

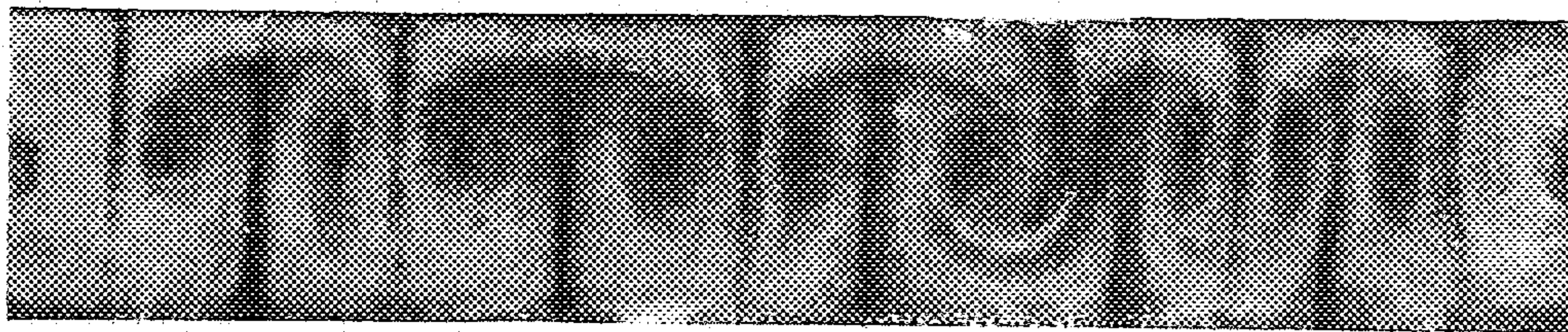
([1]) Séance du 15 février 1937.

deux surfaces planes et parallèles et où le transport par convection de la grandeur physique (chaleur ou électricité) se fait parallèlement aux parois planes.

Je me suis approché des conditions idéales, en opérant de la manière suivante. Le liquide (huile industrielle) est compris dans une cuve dont les parois latérales sont constituées par deux glaces parallèles et verticales distantes de 15^{mm}. La partie inférieure du récipient contient de l'eau chaude. L'huile est donc limitée latéralement par les deux glaces, par l'eau chaude en bas et par sa surface libre, qui est à la température de l'air ambiant, en haut. La hauteur de la couche d'huile est de 10^{cm}, sa longeur de 50^{cm}, son épaisseur de $1^{cm},5$. L'échange de chaleur s'effectue du bas en haut.

Nous observons alors (*fig.* 3) une division nette et régulière du liquide en

Air froid.



Eau chaude.

Fig. 3.

rectangles, chaque rectangle comportant un noyau tourbillonnaire d'étendue finie. (La distance de deux parois en verre est telle qu'il est impossible d'attribuer ce phénomène à la capillarité, comme on le faisait souvent, en décrivant le mouvement représenté sur les figures 1 et 2).

La faible épaisseur de la nappe et la grande viscosité de l'huile permettent d'assimiler l'écoulement dans le plan vertical médian à un mouvement d'un fluide parfait (cas de Stokes et de Hele Shaw). Alors les conditions aux limites deviennent celles d'un canal à bords rectilignes et parallèles et le mouvement observé doit être rapproché des tourbillons alternés dans un canal. Il est bien entendu que les causes ayant provoqué le mouvement (déplacement de l'obstacle dans le cas des tourbillons de Bénard-Karman et mouvement de convection dans notre cas) ne peuvent pas être confondues.

Le cas de tourbillons alternés *ponctuels* dans un canal est bien connu. Le rapport de la largeur de la rue des tourbillons à leur équidistance, calculé par Rosenhead [2], ne correspond pas, bien entendu, à la valeur *nulle* de ce

[2] *Phil. Trans. of the Roy. Soc. of London*, A, 288, 1929, p. 275.

rapport dans le cas de nos expériences. La photographie 3 montre, en effet, que la rue des tourbillons est ici réduite à une file unique. Il semble donc, qu'il convient de compléter les théories des tourbillons alternés, en les appliquant aux tourbillons d'étendue finie.

Les tourbillons thermoconvectifs alternés sont extrêmement stables, il est possible de rendre le mouvement permanent pendant des heures. Les vitesses observées sont généralement très faibles. (Dans le cas de la figure 3 elles sont, en moyenne, de 1 mm/sec pour une différence de température de 20° C. entre les bords supérieur et inférieur de la couche.) Les vitesses les plus grandes existent le long des lignes verticales séparant les tourbillons voisins, les vitesses les plus faibles dans le voisinage des noyaux des tourbillons.

La variation de l'épaisseur de la nappe n'influe pas sur la forme géométrique de l'écoulement, pourvu que la hauteur de la nappe soit grande par rapport à son épaisseur. Lorsque l'épaisseur devient comparable à la hauteur, les tourbillons alternés peuvent se transformer en tourbillons à axes parallèles aux bords (genre des tourbillons en bandes). Cette transformation est amorcée sur les figures 1 et 2, où la partie basse de la couche capillaire est relativement épaisse.

MÉCANIQUE DES FLUIDES. — *Les tourbillons thermoconvectifs en couches superposées.* Note de M. **Douchan Avsec**, présentée par M. Henri Villat.

Une couche de fluide, chauffée par en dessous, se compartimente en cellules. Chaque cellule, dont la dimension suivant la verticale est définie par l'épaisseur de cette couche, est le siège d'un mouvement tourbillonnaire, d'ailleurs bien connu.

Lord Rayleigh [1] a donné le premier l'analyse approximative de ce genre de mouvements. A. R. Low [2] a repris cette théorie et a trouvé qu'à côté de la solution simple, admettant un seul étage de cellules, existaient des solutions multiples qui correspondraient à des nombres d'étages supérieurs à un. Il a effectué les calculs et les dessins des lignes de courant pour

(1) *Phil. Mag.*, 32, 1916, p. 529-546.
(2) *Proc. of the 3rd Intern. Congr. for Applied Mechanics*, 1, Stockholm, août 1930, p. 109.

les cas de tourbillons convectifs à un seul étage, à deux, à trois et à quatre étages.

M. Henri Bénard a déjà fait remarquer, dans son Cours, que les solutions de Low à circuits multiples empilés n'ont jamais été signalées par les météorologistes dans l'atmosphère, non plus d'ailleurs que dans les recherches de laboratoire.

En vue de confirmer ou d'infirmer la valeur pratique de ce résultat théorique, j'ai procédé aux expériences nécessaires.

Une cuve plate (³), en position verticale, est constituée par deux plaques de glace; les deux côtés latéraux, ainsi que le fond et le plafond, sont hermétiquement fermés. On verse au fond de la cuve une hauteur de quelques centimètres d'eau chaude, constituant la source chauffante. Une couche mince d'huile empêche l'évaporation. Ensuite, on laisse couler de la fumée de tabac en quantité telle qu'elle remplisse la moitié inférieure de la cuve.

La couche de fumée de tabac reste quelque temps nettement séparée de la couche supérieure, constituée par l'air pur. On observe facilement que dans la couche enfumée les tourbillons thermoconvectifs s'établissent. Un filament fin de fumée indique que des tourbillons, superposés aux précédents, se sont aussi formés dans la couche supérieure.

Après établissement des courants tourbillonnaires en deux étages, la surface de séparation est très ondulée. Cela prouve que cette formation est peu stable, même s'il ne s'agit que de deux étages et malgré le fait qu'on utilise deux gaz dont les densités diffèrent assez largement. La réalisation des courants convectifs à plusieurs étages serait, dans le cas des gaz, très délicate. Au contraire, aucune difficulté ne se présente si l'on opère avec des liquides différents qui ne se mélangent pas.

En somme, pour que les courants tourbillonnaires superposés puissent naître, il faut que les couches empilées soient suffisamment hétérogènes, et, par conséquent, on ne peut jamais espérer que des mouvements à deux ou même à plusieurs étages puissent s'établir pratiquement dans une couche constituée par le même fluide homogène. Donc le résultat de A. R. Low reste, au moins pour le cas thermique, d'un intérêt purement mathématique.

Le même dispositif qui a servi aux expériences précédentes, peut être

---

(³) La même cuve a servi à des expériences de M. Luntz. Voir *Comptes rendus*, 204, 1937, p. 547.

utilisé pour rendre visible le mécanisme de l'apparition des courants convectifs, parce que la couche fluide, contenue entre deux faces de la cuve, peut être considérée comme une coupe transversale de tourbillons en bandes, perpendiculaires aux faces.

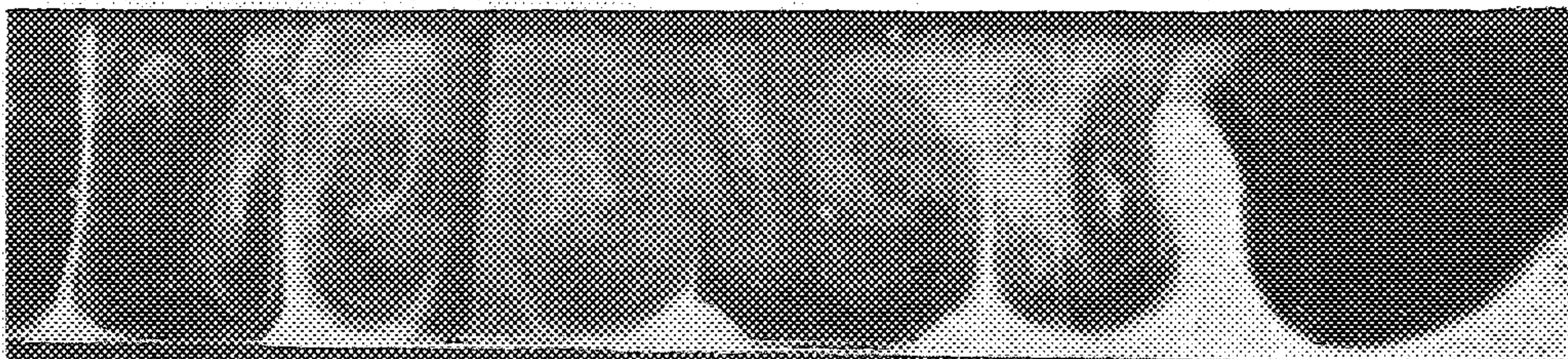


Fig. 1.

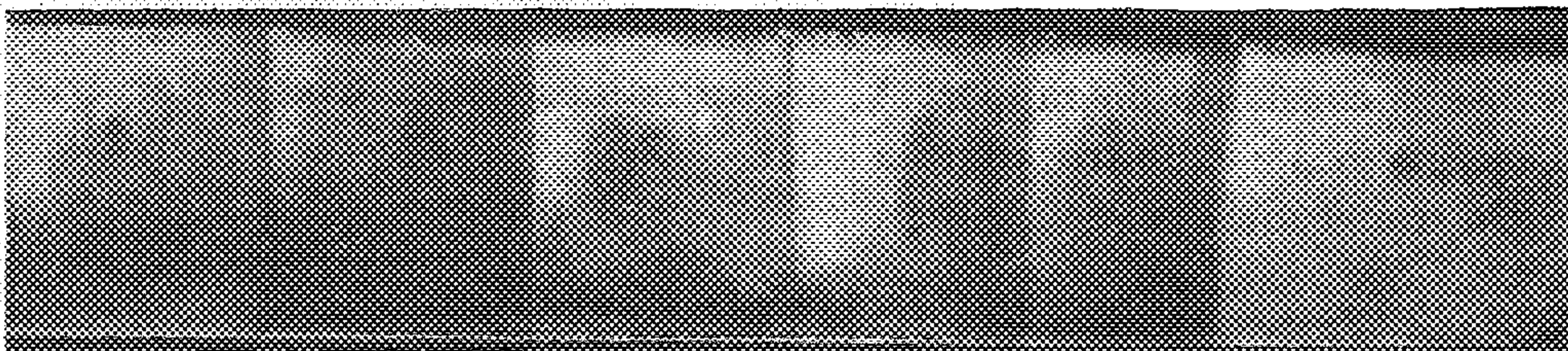


Fig. 2.

J'avais donné (¹) des projections photographiées de tourbillons en bandes, et dessiné seulement les coupes. J'ajoute ici deux photographies de coupes.

La figure 1 représente l'apparition des tourbillons de convection, quelques instants après l'introduction d'une petite quantité de fumée de tabac (une quantité plus grande donnerait lieu à la formation des tourbillons à deux étages, décrits dans la première partie de cette Note). Les courants ascendants oscillent un peu et cherchent la position stable.

La figure 2, prise quelques minutes après, représente un stade plus stabilisé. La fumée a entièrement diffusé dans les cellules. Leurs sections sont parfaitement rectangulaires.

En quinze minutes, par exemple, les cellules deviennent complètement égales à l'œil; la photographie d'ailleurs en devient de moins en moins aisée.

(¹) *Comptes rendus*, 203, 1936, p. 556.

AÉRODYNAMIQUE. — *Sur les courbes enveloppes du rendement pour les hélices propulsives optima.* Note [1] de MM. Albert Toussaint et Simon Strijevsky, présentée par M. Henri Villat.

On sait qu'une hélice propulsive de rayon R, avec p pales est *équivalente*, pour un paramètre de fonctionnement : $\lambda = V/\pi n D = V/\Omega R$, à une hélice *fictive à nombre infini de pales*, dont le rayon $R_1 < R$ est donné par la formule de Prandtl :

$$R_1 = \frac{R}{\xi} = R\left(1 - \frac{1,386}{p}\frac{\lambda}{\sqrt{1+\lambda^2}}\right). \tag{1}$$

Pour les hélices fictives équivalentes la loi optimum de distribution de la circulation Γ s'obtient en écrivant que, pour toute variation $\Delta\Gamma$, on réalise la constance du rapport A, des variations corrélatives de la perte d'énergie locale et du travail utile local.

On trouve ainsi la loi

$$\Gamma = \frac{2\pi V^2}{p\Omega}\left[A\frac{\Omega^2 r_1^2}{V^2+\Omega^2 r_1^2} - \varepsilon\frac{\Omega r_1}{V}\right], \tag{2}$$

dans laquelle ε est la finesse aérodynamique des profils de pales aux mêmes rayons relatifs $r_1/R_1 = r/R$. L'évolution usuelle des formes de profils de pales des hélices aéronautiques nous permet d'écrire

$$\varepsilon = k\frac{R}{r} = k\frac{R_1}{r_1} \qquad (k = \text{const.}). \tag{3}$$

Ainsi $k = 0,015$ à $0,017$ avec les pales métalliques actuelles.

En portant les expressions (2) et (3) dans les équations classiques de la théorie tourbillonnaire on obtient après intégration la traction globale T et le couple global Q. Les coefficients correspondants sont

$$\chi = \frac{\Omega Q}{\rho n^3 D^5} = \frac{\pi^4\lambda^3}{4\xi^2}\left[\frac{A^2}{2}(F_1+F) + AF - \frac{k}{\lambda_1}\right], \tag{4}$$

$$\tau = \frac{T}{\rho n^2 D^4} = \frac{\pi^3\lambda^2}{4\xi^2}\left(\frac{A^2}{2}F + AF - \frac{k}{\lambda_1}\right); \tag{5}$$

$$\lambda_1 = \frac{V}{\Omega R_1}; \qquad F = 1 - \lambda_1^2 L\frac{1+\lambda_1^2}{\lambda_1^2}; \qquad F_1 = \left(F - \frac{1}{1+\lambda_1^2}\right)\left(1 + \frac{k}{\lambda_1}\right). \tag{6}$$

---

[1] Séance du 15 février 1937.

On voit que τ et χ sont liés par la relation

$$(7)\qquad \chi = \pi\lambda\tau + \frac{\pi^4\lambda^3}{8\xi^2}A^2F.$$

Le rendement propulsif global est par suite

$$(8)\qquad \eta = \frac{\tau}{\chi}\pi\lambda = 1 - \frac{\pi^4\lambda^3}{8\xi^2}\frac{A^2F}{\chi} = 1 - \frac{A^2F}{A^2(F_1+F)+2AF-2k/\lambda_1}.$$

Les courbes enveloppes du rendement pour les hélices propulsives optima seront données par la condition

$$(9)\qquad \frac{\partial}{\partial A}\left[\frac{A^2F}{A^2(F_1+F)+2AF-2k/\lambda_1}\right] = 0,$$

ce qui donne successivement

$$(10)\qquad A_{(E)} = \frac{2k}{\lambda_1 F}; \qquad \eta_{(E)} = 1 - \frac{2kF}{2k(F_1+F)+\lambda_1F^2},$$

$$(11)\qquad \chi_{(E)} = \frac{\pi^4\lambda k}{4\xi^4F^2}[2k(F_1+F)+\lambda_1F^2]; \qquad \tau_{(E)} = \frac{\pi^3 k}{4\xi^4F^2}(2kF+\lambda_1F^2).$$

Nous avons calculé et représenté sur le graphique ci-dessous les courbes, $\eta_{(E)}$, $\chi_{(E)}$ et $\tau_{(E)}$ pour des familles d'hélices bipales et quadripales comportant $k = 0{,}017$.

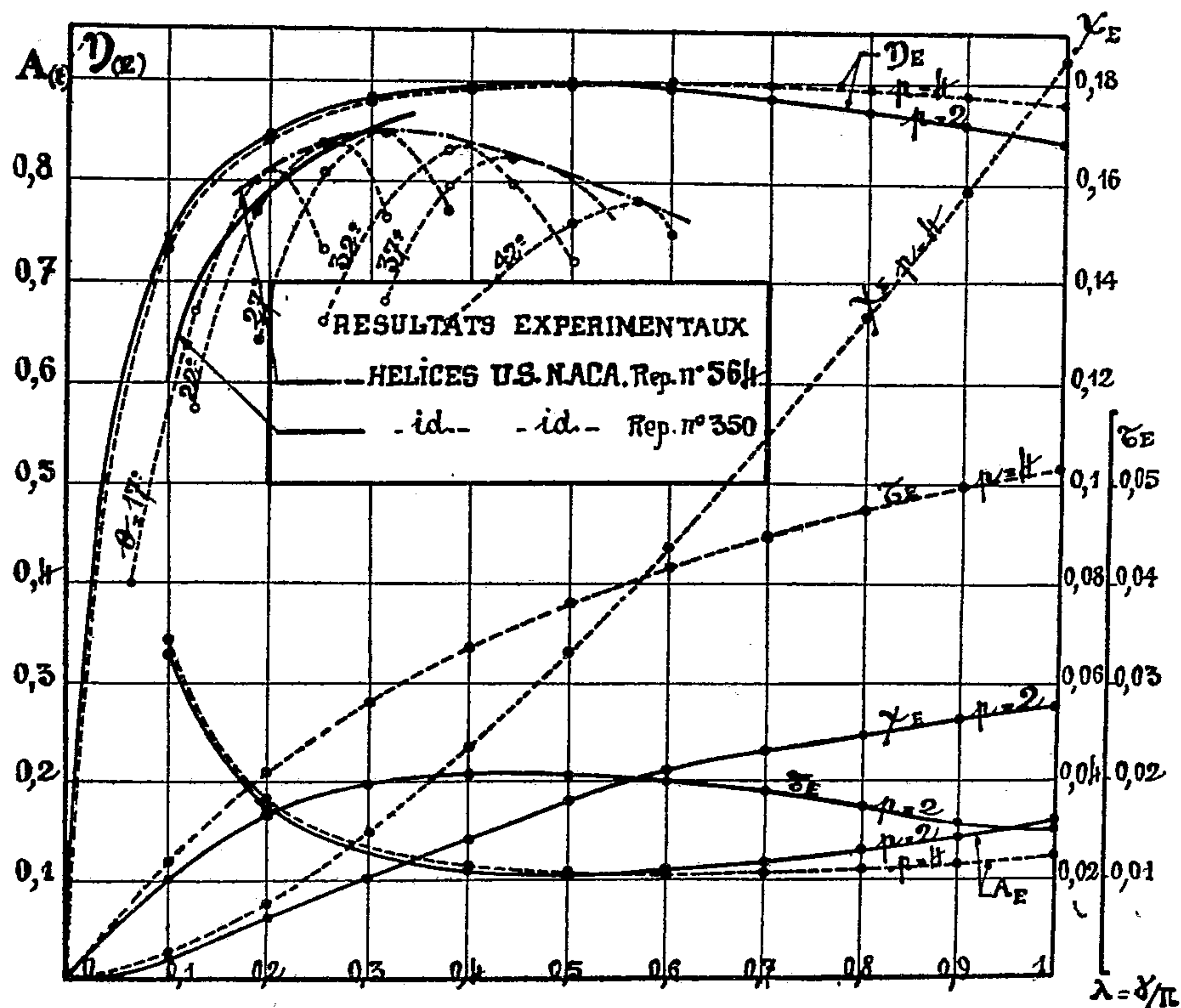
Nous devons faire remarquer que les valeurs du coefficient de puissance $\chi_{(E)}$ imposées pour être sur les enveloppes théoriques optima $\eta_{(E)}$, conduisent à des diamètres fréquemment prohibitifs pour les réalisations pratiques. Des calculs analogues faits avec des lois χ et A notablement différentes nous ont montré que les familles d'hélices correspondantes fournissent des enveloppes du rendement différant extrêmement peu des courbes optima. Ces hélices sont alors dimensionnées comme les hélices actuellement utilisées en aviation.

Sur ce graphique nous avons représenté en outre, les résultats obtenus dans la soufflerie spéciale de l'U. S. Naca [2] pour une famille d'hélices métalliques bipales, expérimentées en présence : 1° d'un ensemble comprenant une nacelle motrice et une aile sustentatrice (report n° 564); 2° de divers fuselages complets de grandeur réelle (report n° 350).

On voit que, dans un domaine compris entre $\lambda = 0{,}15$ et $\lambda = 0{,}35$, les

[2] *The Twenty-foot Propeller Research Tunnel of the National Advisory Committee for Aeronautics.* Weick and Wood, report n° 300, 1928.

courbes enveloppes expérimentales s'accordent avec les courbes $\eta_{(E)}$ calculées à 2 ou 3 pour 100 près par défaut. Nous pensons que cet écart est imputable en partie à la présence des obstacles variés situés en aval des



hélices expérimentées et en partie du fait que ces dernières ne sont pas tracées suivant les règles de nos calculs.

D'ailleurs, en deçà et au delà du domaine précédent, l'écart s'accentue. Nous pensons que, pour les hélices indiquées 32°, 37° et 42° dans le report n° 564, la distribution du pas et de la circulation s'écarte de plus en plus des conditions optima.

AÉRODYNAMIQUE. — *Écoulement de l'air dans le plan de rotation d'une hélice sustentatrice.* Note (¹) de M. **Svetopolk Pivko**, présentée par M. Henri Villat.

Les théories actuelles relatives à l'hélice aérienne sont basées sur la considération des vitesses axiales et tangentielles *moyennes* de l'air en arrière

(¹) Séance du 15 février 1937.

de l'hélice et dans le plan de rotation. On néglige les vitesses radiales qui prennent naissance au voisinage immédiat de l'hélice ainsi que l'effet de la périodicité de l'écoulement de l'air autour de l'hélice.

L'expérience montre qu'une telle conception peut être admise, sans erreur sensible, pour une hélice à grand nombre de pales et avec la petite valeur du rapport : traction de l'hélice-surface du cercle balayé par l'hélice. Les hélices sustentatrices sont caractérisées, comme l'on sait, par une grande valeur de la traction et nous estimons que le fait de négliger les vitesses radiales constitue une approximation insuffisante. Si l'on tient compte des vitesses radiales, la vitesse locale dans le plan de rotation sera modifiée, ce qui entraîne une modification de la circulation autour de la pale de l'hélice et, finalement, une modification de la forme géométrique de la pale de l'hélice.

Le problème consiste ainsi en la détermination d'un coefficient de correction à appliquer à la circulation, pour tenir compte des vitesses radiales. Le but de la présente Note est de mettre en évidence une représentation très simple de l'écoulement relatif de l'air dans le plan de rotation d'une hélice sustentatrice, ayant les mêmes particularités que l'écoulement réel.

On sait que la masse d'air qui entre dans le plan de l'hélice en mouvement se trouve animée brusquement d'un mouvement de rotation. Supposons que l'air remplit complètement l'espace entre les pales. Dans cette hypothèse, l'écoulement relatif dans le plan de rotation d'une hélice tripale peut être schématisé de la façon indiquée par la figure 1.

On peut distinguer deux régions nettement séparées l'une de l'autre par le cercle de rayon b, où la composante radiale s'annule. Dans une première approximation, la masse d'air qui s'écoule entre les rayons r et $r+dr$, est proportionnelle à la vitesse locale $r\omega$; ω ... étant la vitesse angulaire de l'hélice. On peut admettre, par suite, que toute masse d'air se divise en deux parties égales, en arrivant à la pale, ce qui donne l'égalité

$$\rho b \frac{b\omega}{2} = \rho(R-b)\frac{R+b}{2}\omega.$$

De là

$$b = \frac{R}{\sqrt{2}} \approx 0{,}7R,$$

ce qui coïncide complètement avec les expériences effectuées par M. Valensi ([2]).

([2]) Valensi, *Publ. Sc. et Techn. du Min. de l'Air*, n° 73, Paris, 1935, p. 61.

La section au voisinage de l'axe, contenue à l'intérieur du cercle de rayon a, ne contribue pas à la traction et elle peut être négligée. Par suite, on transforme préférablement l'écoulement représenté par la figure 1 en

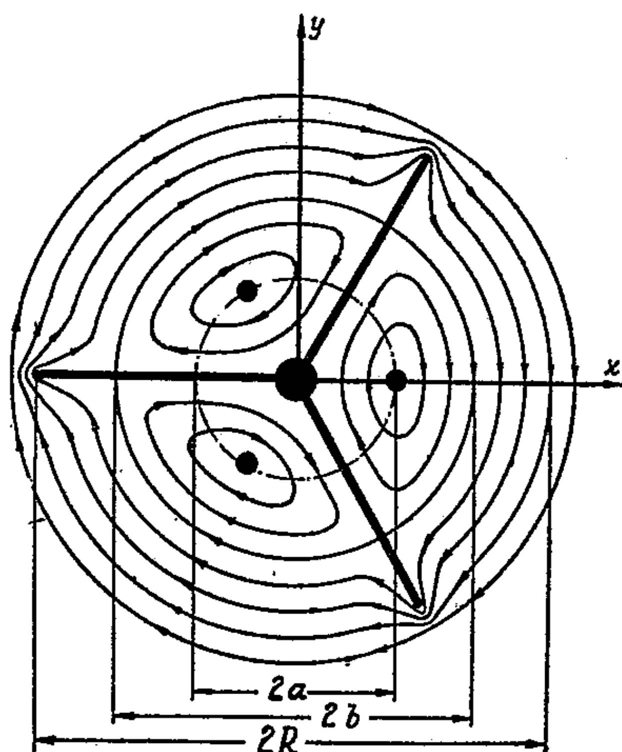


Fig. 1.

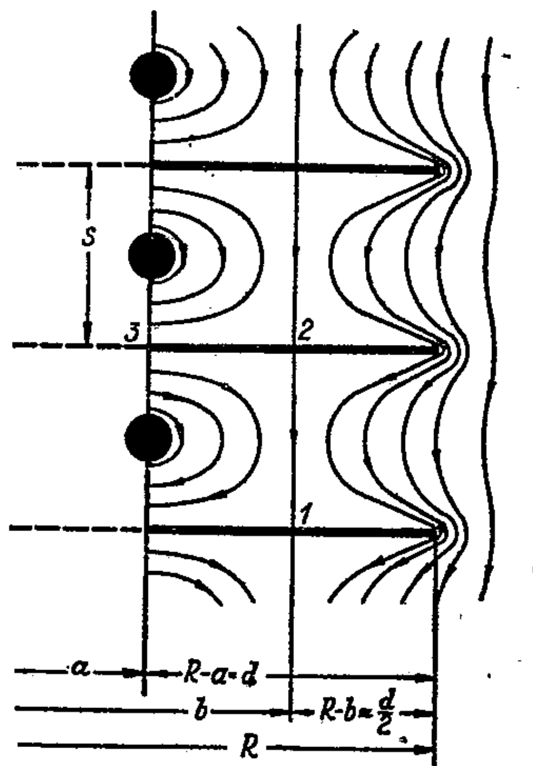


Fig. 2.

celui de la figure 2. Les domaines à droite et à gauche de la droite 1-2 de séparation peuvent être traités séparément et la recherche de la valeur moyenne de la composante verticale (tangentielle) d'un tel écoulement, en fonction du rayon, ne présente plus de difficultés.

MÉCANIQUE APPLIQUÉE. — *Sur l'alimentation d'un moteur à combustion isobare*. Note de M. **René Retel**, présentée par M. Émile Jouguet.

J'ai signalé ([1]), un des premiers, je crois, que, pour réaliser dans un moteur Diesel une combustion à pression constante à partir du point mort, l'apport de chaleur devait être, à partir de ce point, et en supposant négligeables les pertes par les parois, proportionnel à l'augmentation de volume de la chambre consécutive au déplacement du piston. J'ai indiqué que cette loi est celle qui devrait régir l'introduction du combustible dans la chambre à partir du point mort si la combustion suivait instantanément l'injection.

([1]) *Conservatoire des Arts et Métiers*, 3 mars 1935; *Société des Ingénieurs de l'Automobile*, 8, 1935, p. 406.

J'ai montré d'autre part que l'angle total d'introduction du combustible restait voisin de 35°, et cela quel que soit le taux de compression adopté pour le moteur.

M. Dumanois, développant les mêmes conclusions ([2]), a indiqué que ces conditions théoriques pouvaient être réalisées à l'aide d'un système d'alimentation injectant le combustible suivant la loi indiquée ci-dessus et comportant un injecteur dont l'orifice présenterait une section croissant proportionnellement à la vitesse du moteur, de manière à maintenir constante la vitesse du jet et par suite la pulvérisation.

Ainsi présentées, les conditions indiquées ci-dessus pourraient donner lieu à des conclusions erronées.

En effet, soient : R le rayon de la manivelle du moteur, θ l'angle de rotation de la manivelle compté à partir du point mort, q la quantité de combustible introduite depuis le point mort, K un symbole de proportionnalité.

L'augmentation de volume de la chambre ΔV est, en négligeant l'inclinaison de la bielle,

$$\Delta V = K R(1 - \cos\theta).$$

La loi d'introduction du combustible est donc

$$q = K \Delta V,$$

que l'on peut écrire avec une approximation suffisante

$$\text{(I)} \qquad q = K\theta^2.$$

D'autre part, en appelant v la vitesse du jet à la sortie de la tuyère d'injection, σ la section correspondante de la tuyère, t le temps écoulé depuis le passage de la manivelle au point mort, ω la vitesse du moteur, on a à chaque instant

$$(a) \qquad q = v\sigma t = v\sigma\frac{\theta}{\omega},$$

d'où, pour

$$\text{(II)} \qquad v = \text{const.},$$

$$\text{(III)} \qquad \sigma = K\theta\omega.$$

On voit donc que la section de l'orifice d'injection ne varie pas seulement

([2]) *Comptes rendus*, 202, 1936, p. 1409.

de façon proportionnelle à la vitesse du moteur mais qu'elle varie également, au cours même de l'injection, proportionnellement à l'angle θ.

Cette remarque est nécessaire, car, si la section de l'orifice variait seulement de façon proportionnelle à ω, la vitesse v serait proportionnelle à θ, elle serait par suite infiniment petite au voisinage du point mort et il n'y aurait pas de pulvérisation.

Le système d'alimentation est donc défini par les relations

$$\text{(I)}\quad q = k\theta^2, \qquad \text{(II)}\quad v = cst, \qquad \text{(III)}\quad \sigma = k\theta\omega.$$

Mais il importe de remarquer que, si l'on tient compte de la relation mathématique (a), toujours satisfaite, il suffit que deux quelconques de ces conditions soient satisfaites pour que la troisième le soit également.

On pourra donc pratiquement réaliser un tel système en satisfaisant seulement à deux des relations ci-dessus.

On pourra par exemple :

1° Adopter une pompe à came de profil convenable et la combiner avec un injecteur dont on fasse mécaniquement varier la section suivant la loi (III).

2° Utiliser la même pompe en l'associant à un injecteur dont l'orifice, obturé par une aiguille chargée d'un ressort suffisamment élastique, découvre automatiquement une section telle que la pression d'injection reste constante, ce qui satisfait évidemment la condition (II).

3° On pourra également se servir d'un injecteur dont l'orifice variera mécaniquement suivant la loi (III) et il suffira dans ce cas d'alimenter cet injecteur à la pression fixée.

MÉCANIQUE ONDULATOIRE. — *Sur le passage des corpuscules à travers des barrières de potentiel.* Note de M. **Assène Datzeff**, présentée par M. Louis de Broglie.

Nous nous bornerons au cas de mouvements à une seule dimension suivant l'axe Ox. La barrière est représentée entre les points x_0 et x' par la courbe potentielle $U(x)$. Divisons l'intervalle x_0x' en n parties, et menons par les points de division d'abscisses $x_1, x_2, \ldots, x_n = x'$ les perpendiculaires à Ox. La barrière est divisée en n barrières successives rectangulaires, la $k^{\text{ième}}$ de base $x_k - x_{k-1}$ et de hauteur $U(x_{k-1})$. La courbe continue U est remplacée par une ligne brisée (escalier), inscrite dans U.

Dans chaque barrière rectangulaire l'équation de Schrödinger admet comme solution Ψ une combinaison linéaire de deux ondes planes monochromatiques, se propageant à droite et à gauche, d'amplitudes correspondantes A et B. En exprimant que l'onde Ψ et sa dérivée première sont continues à la limite de chacune des deux barrières voisines, on arrive à deux équations entre les amplitudes A_k, B_k et A_{k+1}, B_{k+1} (¹):

$$(1) \qquad \begin{cases} A_k e^{-iy_k x_k} + B_k e^{iy_k x_k} = A_{k+1} e^{-iy_{k+1} x_k} + B_{k+1} e^{iy_{k+1} x_k}, \\ y_k (A_k e^{-iy_k x_k} - B_k e^{iy_k x_k}) = y_{k+1} (A_{k+1} e^{-iy_{k+1} x_k} - B_{k+1} e^{iy_{k+1} x_k}). \end{cases}$$

avec $y = 2\pi/h\sqrt{2m(E - U)}$ $(k = 0, 1, \ldots, n)$, E, l'énergie du corpuscule incident. Des équations (1) pour $k = 0$ on tire les valeurs de A_1, B_1 en fonction de A_0, B_0 et on les porte dans (1) pour $k = 1$. On trouve deux équations linéaires entre A_0, B_0 et A_2, B_2, d'où l'on tire A_2, B_2 en fonction de A_0, B_0, etc. Donc on arrivera à deux équations entre A_0, B_0 et A_n, l'amplitude de l'onde transmise. Les équations (1) montrent que l'on peut considérer A_k et B_k comme les composantes d'un vecteur $\vec{a}_k$, A_{k+1} et B_{k+1} composantes d'un vecteur $\vec{a}_{k+1}$, etc. On passe du vecteur $\vec{a}_k$ au vecteur $\vec{a}_{k+1}$ en multipliant $\vec{a}_k$ par une matrice M_k à deux lignes et à deux colonnes. Si l'on résout (1) et si l'on se borne aux infiniment petits du premier ordre Δy, on donne à M_k la forme suivante :

$$(2) \qquad M_k = \begin{vmatrix} e^{i\Delta y_k x_k - \frac{\Delta y_k}{2y_k}} & \frac{\Delta y_k}{2y_k} e^{2iy_k x_k} \\ \frac{\Delta y_k}{2y_k} e^{-2iy_k x_k} & e^{-i\Delta y_k x_k - \frac{\Delta y_k}{2y_k}} \end{vmatrix}.$$

On voit facilement que les éliminations successives des vecteurs $\vec{a}_k$ de (1) conduisent à la relation vectorielle

$$(3) \qquad \vec{a}_n = M\vec{a}_0,$$

où les composantes de $\vec{a}_n$ sont A_n et A_n, et

$$M = |m_{\alpha\beta}| = M_n M_{n-1} \ldots M_2 M_1 \qquad (\alpha, \beta = 1, 2).$$

Dans chaque terme $m_{\alpha\beta}$ on groupe les termes qui contiennent un facteur Δy, ceux à deux facteurs Δy, etc. Quand $n \to \infty$, les sommes en $\Delta y_k, \Delta y_k \Delta y_l, \ldots$ se

(¹) L. de BROGLIE, *Ann. de l'Inst. Henri Poincaré*, 3, 1933, p. 349.

transforment en intégrales définies. m_{11} et m_{22} sont des sommes des termes qui contiennent un nombre pair de facteurs Δy, m_{12} et m_{21} — un nombre impair de Δy. Si nous désignons par $m_{11}^{2p,n}$ ce terme de m_{11} qui contient $2p$ facteurs Δy $\left(\text{donc } m_{11}=\sum_{p=0}^{\frac{n}{2}} m_{11}^{2p,n}\right)$ on trouve la formule de récurrence

$$(4)\qquad m_{11}^{2p,n}=e^{i\Delta y_n x_n-\frac{\Delta y_n}{2y_n}}\, m_{11}^{2p,n-1}+\frac{\Delta y_n}{2y_n}\, e^{2iy_n x_n}\, m_{12}^{2p-1,n-1},$$

et encore trois formules analogues pour m_{12}, m_{21} et m_{22}. En utilisant successivement la formule (4) pour les m dans la partie droite de (4) on arrive à une somme dont les termes contiennent $2k$ facteurs Δy. Quand n tend vers l'infini, cette somme se transforme en une intégrale $2k$-uple. Donc chaque $m_{\alpha\beta}$ est une somme infinie de termes, représentant des intégrales définies. On démontre la convergence absolue de ces sommes, en remplaçant tout Δy_k par le plus grand Δy entre eux. Les séries ainsi trouvées représentent le développement d'un binome dont la valeur est finie. On démontre aussi que l'erreur que l'on fait en remplaçant la courbe U par la ligne brisée, tend vers o quand $n \to \infty$. Quand l'approximation de l'optique géométrique est valable, on peut s'arrêter aux termes $m_{11}^{0,n}$ et $m_{22}^{0,n}$, et l'on a le résultat que l'on trouve par la méthode Brillouin-Wentzel.

La matrice M calculée (3) donne deux relations entre A_0, B_0, A_n, et l'on peut exprimer l'amplitude de l'onde réfléchie B_0 et l'amplitude de l'onde transmise A_n en fonction de l'amplitude de l'onde incidente A_0. Donc on aura la proportion des corpuscules réfléchis et transmis.

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *Sur la dynamique classique de l'électron. Théorie de fonctions premières et le moment propre de l'électron.* Note de M. **Bernard Kwal**, présentée par M. Louis de Broglie.

1. Nous allons montrer tout d'abord que les équations de la dynamique de Lorentz peuvent être remplacées par des équations aux dérivées partielles qui se rattachent à la théorie des invariants intégraux de Poincaré-Cartan dans l'espace-temps.

Soient $u=v\left[\sqrt{1-(v^2/c^2)}\right]$ la vitesse de l'électron, E_e et H_e le champ électromagnétique extérieur dans lequel est plongé l'électron. La force de

Lorentz s'écrit

(1) $$\mathrm{L} = e\left\{u_0 \mathrm{E}_e + \left[\frac{u}{c}\mathrm{H}_e\right]\right\}, \qquad \mathrm{L}_0 = ie\left(\frac{u}{c}\mathrm{E}_e\right).$$

Introduisons également l'expression suivante :

(2) $$\mathrm{N} = e\left\{u_e \mathrm{H}_e - \left[\frac{u}{c}\mathrm{E}_e\right]\right\}, \qquad \mathrm{N}_0 = ie\left(\frac{u}{c}\mathrm{H}_e\right).$$

Dans ces conditions le quaternion complexe $\mathbf{K} = \mathbf{L} + i\mathbf{N}$ peut-être représenté par le produit quaternonien du quadrivecteur courant $\mathbf{I}(e/c\mathbf{u})$ par le quaternion $\mathbf{F}_c^\star(\mathrm{H}_1 - i\mathrm{E}_1,\ \mathrm{H}_2 - i\mathrm{E}_2,\ \mathrm{H}_3 - i\mathrm{E}_3,\ 0)$

(3) $$\mathbf{K} = \mathbf{I}\mathbf{F}_e^\star = -\mathbf{I}\frac{\bar{\partial}}{\partial \mathbf{x}}\mathbf{A}_e = -\mathbf{u}\frac{\bar{\partial}}{\partial \mathbf{x}}\left(\frac{e}{c}\mathbf{A}_e\right).$$

D'autre part, la définition relativiste de la force d'inertie newtonienne

(4) $$\frac{d}{d\tau}(m_0\mathbf{u}) = \frac{d}{d\tau}\mathbf{P} = \left(u_0\frac{\partial}{\partial x_0} + u_1\frac{\partial}{\partial x_1} + u_2\frac{\partial}{\partial x_2} + u_3\frac{\partial}{\partial x_3}\right)\mathbf{P} = \left(\mathbf{u}\frac{\bar{\partial}}{\partial \mathbf{x}}\right)_0\mathbf{P},$$

fait intervenir uniquement la quatrième composante de l'opérateur quaternionien $\mathbf{u}\bar{\partial}/\partial\mathbf{x}$. Il est donc tout à fait naturel, en théorie quaternionienne, de prendre pour les équations définissant le mouvement les équations suivantes :

(5) $$\mathbf{u}\frac{\bar{\partial}}{\partial \mathbf{x}}\left(\mathbf{P} + \frac{e}{c}\mathbf{A}_e\right) = 0,$$

ou encore

(6) $$\frac{\bar{\partial}}{\partial \mathbf{x}}\left(\mathbf{P} + \frac{e}{c}\mathbf{A}_e\right) = 0,$$

équations qui expriment que le quaternion intégral $\int d\bar{\mathbf{x}}\left(\mathbf{P} + \frac{e}{c}\mathbf{A}\right)$, étendu à une courbe fermée quelconque de l'espace temps, est nul.

Les équations (6) s'écrivent dans la notation vectorielle de la manière suivante :

(7) $$\boxed{\mathrm{H}_e = \frac{c}{e}\operatorname{rot}\mathrm{P}, \qquad \mathrm{E}_e = \frac{c}{e}\left(-\frac{1}{c}\frac{\partial \mathrm{P}}{\partial t} - \operatorname{grad}\mathrm{P}_0\right), \qquad \operatorname{Div}\mathrm{P} = 0.}$$

Ces équations peuvent s'obtenir par une méthode plus élémentaire, en ajoutant à la force d'inertie l'expression grad $1/2\ m_0(u_0^2 + u_1^2 + u_2^2 + u_3^2)$, qui est identiquement nulle, et en égalant les coefficients des composantes de u.

2. La définition des intégrales premières f n'est pas covariante, elle est relative à un système de coordonnées bien déterminé dans lequel on a

$$\frac{df}{dt}=\left(u_0\frac{\partial}{\partial x_0}+u_1\frac{\partial}{\partial x_1}+u_2\frac{\partial}{\partial x_2}+u_3\frac{\partial}{\partial x_3}\right)f=\left(\mathbf{u}\frac{\bar{\partial}}{\partial \mathbf{x}}\right)_0 f=0, \tag{8}$$

en vertu des équations du mouvement.

Nous sommes ainsi amenés à introduire, en dynamique relativiste, une conception analogue, mais qui est conforme avec la description spatio-temporelle, quadridimentionnelle des phénomènes. Étant donné une fonction quaternionienne $\mathbf{F}$, nous dirons qu'elle est une *fonction première*, si l'on a, en vertu des équations du mouvement,

$$\frac{\bar{\partial}}{\partial \mathbf{x}}\mathbf{F}=0, \tag{9}$$

Le quadrivecteur $\mathbf{P}+e/c\,\mathbf{A}_e$ est donc une fonction première, par contre le moment orbital $(\mathbf{P}+e/c\,\mathbf{A}_e)\bar{\mathbf{x}}$ ne l'est pas, et, il faut ajouter un quadrivecteur de seconde espèce $\mathbf{M}$, tel que

$$\overline{\mathbf{P}+\frac{e}{c}\mathbf{A}_e}=\frac{1}{2}\frac{\bar{\partial}}{\partial \mathbf{x}}\mathbf{M} \tag{10}$$

pour obtenir une fonction première.

Or on a

$$\mathbf{P}=m_0\mathbf{u}=\frac{m_0 c}{e}\frac{e}{c}\mathbf{u}=\frac{m_0 c}{e}\mathbf{j}. \tag{11}$$

Donc, en posant

$$\boldsymbol{\sigma}=\frac{e}{2m_0 c}\mathbf{M}, \tag{12}$$

les équations (10) deviennent

$$\overline{\mathbf{j}+\frac{e^2}{m_0c^2}\mathbf{A}_e}=\frac{\bar{\partial}\boldsymbol{\sigma}}{\partial \mathbf{x}}. \tag{13}$$

En l'absence du champ extérieur ($\mathbf{A}_e=0$) et en supposant que l'électron soit répandu d'une manière uniforme dans tout l'espace, les équations (13) deviennent identiques aux équations qui définissent le champ propre de l'électron de Lorentz.

Quant au moment propre $\mathbf{M}$, il joue également le rôle de la fonction d'action relative au quadrivecteur $\mathbf{P}+e/c\,\mathbf{A}_e$.

CHALEUR. — *Détermination simultanée de la chaleur spécifique et de la conductibilité thermique des isolants. Méthode du signal.* Note de M. **Pierre Vernotte**, présentée par M. Aimé Cotton.

Nous avons signalé que la propagation de la chaleur dans les corps peu conducteurs n'avait guère que deux aspects intéressants : 1° l'importance du flux de chaleur reçu dans les premiers instants par la face de l'isolant recevant une perturbation thermique, ce qui entraîne des conséquences malheureuses (précision compromise en calorimétrie) ou heureuses (cylindres de moteur refroidis par balayage d'air frais); 2° l'absence presque absolue de manifestations thermiques sur l'autre face, pendant un temps durant lequel l'isolant joue le rôle d'un écran.

C'est de *l'apparition d'un signal sur l'autre face d'une plaque isolante* que nous allons tirer parti pour déterminer sa chaleur spécifique et sa conductibilité.

Imaginons une telle plaque, isolée dans l'espace, et ne pouvant rien dissiper vers l'extérieur. Sur la face avant, on fait tomber un flux de chaleur φ par unité de surface, et sur la face arrière, on a disposé, en contact parfait avec elle, un organe thermométrique infiniment mince. Prenons pour origine des températures, la température uniforme initiale. En appliquant l'analyse de Fourier, non à la température (puisqu'il ne peut s'établir une température de régime), mais à son gradient, on trouve, finalement, pour la température de la face arrière

$$V = \frac{\varphi l}{k}\left[\frac{2}{\pi^2}\left(e^{-mt} - \frac{1}{4}e^{-4mt} + \frac{1}{9}e^{-9mt} - \frac{1}{16}e^{-16mt} + \ldots\right) + \frac{mt}{\pi^2} - \frac{1}{6}\right],$$

m étant la quantité $\pi^2 k : c\rho l^2$, où $c\rho$ est la chaleur spécifique volumique, k, la conductibilité thermique, l, l'épaisseur de l'isolant, et t étant le temps.

La quantité entre crochets est *prodigieusement faible* pour les valeurs de mt inférieures à 0,5; elle atteint 0,0003 pour $mt = 0,5$; la courbe se détache lentement de l'axe des temps, puis croît plus vite, la courbure étant maxima pour mt voisin de 0,9 (l'ordonnée vaut alors 0,0055). C'est à ce moment que l'on peut situer l'apparition pratique du signal, mais c'est en deçà que nous ferons les mesures, car, on le verra plus loin, on a intérêt à opérer *dès les plus faibles valeurs du temps*. Nous ne sommes pas descendu au-dessous de $mt = 0,5$ avec notre appareil rudimentaire.

L'idée d'utiliser la diffusion, dans l'isolant, d'une élévation de tempé-

rature superficielle, est ancienne. Mais, outre que les méthodes qui s'en inspiraient soulevaient de grandes difficultés techniques, elles ne permettaient que la détermination du rapport de la conductibilité à la chaleur spécifique, et surtout leur mise en œuvre correcte se heurtait à une impossibilité expérimentale, car on n'est pas maître, en général, d'imposer à la surface d'un corps une certaine *température*. Tandis qu'on peut diriger sur elle tel *flux de chaleur* que l'on veut.

La formule donnant V contient deux paramètres, $\varphi l : k$ et m. Le premier donne k et le second donne $c\rho$, connaissant k. Cette double détermination se fait très simplement en portant V et t sur un graphique logarithmique. On superpose par translation la courbe théorique tracée sur transparent, et la courbe expérimentale. Le déplacement parallèle à l'axe des V donne $\log(\varphi l : k)$, l'autre donne $\log m$.

Nous avons réalisé expérimentalement, de la façon suivante, le montage stylisé indiqué plus haut :

Entre deux plaques identiques (carré de 10^{cm} de côté et de 1^{cm} d'épaisseur) on dispose une feuille de caoutchouc de $0^{mm},6$ d'épaisseur, dans laquelle on a évidé un carré de 8^{cm} de côté. Un même flux de chaleur tombe sur les plaques par leur autre face. Le gradient de température sera ainsi nul sur les faces en regard, par raison de symétrie, et la petite chambre d'air est un volume isotherme. On y dispose le thermomètre, constitué par un double treillis de fil de cuivre de $0^{mm},05$ de diamètre, guipé à la soie, de 2^{mm} de maille, porté par un cadre de 5^{cm} de côté, très étroit, en clinquant de laiton de $0^{mm},05$ d'épaisseur, raidi par des pliages. La variation thermique de résistance électrique est mesurée par un pont de Wheatstone, alimenté par pile sèche, et contrôlé par un microampèremètre à aiguille, donnant toute sa déviation pour 10 μA, et que l'on étalonne, au moment de la mesure, en produisant dans le pont un déréglage connu. Le temps est enregistré sur un chronomètre à tache d'encre.

Le flux de chaleur est produit par un même treillis de cuivre, de 4^{mm} de maille, porté par un cadre de 8^{cm} de côté, et logé dans une même chambre fermée par une autre plaque. A l'autre face de cette plaque, le gradient de température est négligeable, d'une part, parce que l'expérience est arrêtée dès que l'échauffement commence à y devenir sensible, et d'autre part parce qu'une plaque d'ébonite mousse, de très petite conductibilité et de très petite chaleur spécifique volumique, étant mise au contact de l'autre face (avec interposition du même matelas d'air), on ne peut laisser sortir de l'isolant qu'un flux de chaleur insignifiant.

Le montage comporte quatre plaques de l'isolant à étudier, deux chauffoirs et un thermomètre. Il est pratiquement *symétrique* et comme, d'autre part, la capacité calorifique des chauffoirs et du thermomètre est *dérisoire*, on est dans les conditions théoriques voulues.

Le fil de cuivre des chauffoirs s'échauffe et sa résistance augmente, mais on rend φ constant par l'artifice de la *puissance stationnaire*.

Le flux qui pénètre dans chaque plaque est 0,18 watt/cm².sec. On arrête la mesure dès que le thermomètre accuse un échauffement de 0°,4.

Le thermomètre fonctionne sans retard appréciable, la constante de temps de son échauffement par rapport aux surfaces d'isolant étant 0,1 seconde. Quant au microampèremètre, on trouve que l'on peut tenir compte de son retard, d'une façon presque parfaite, sauf pour les très petites valeurs de *mt*, pourtant intéressantes (c'est pourquoi un galvanomètre de réponse rapide doit être préféré), en retranchant des temps, le double de la constante (4 secondes) de l'appareil, que nous avons vérifié être à l'apériodicité critique.

La *brièveté* de la mesure (2 minutes dans nos expériences) est une qualité en soi. C'est aussi un grand avantage technique, puisqu'elle neutralise les nombreuses perturbations à craindre. C'est enfin un aspect très heureux au point de vue scientifique, puisqu'on se trouve dispensé de tenir compte de la déperdition par la deuxième face des plaques extrêmes, et surtout de corriger l'influence très complexe des bords, cette influence n'ayant pas eu le temps de se faire sentir dans la région centrale de l'isolant.

Nous avons trouvé, à quelques centièmes près, pour une ébonite de densité $\rho = 1,20$: $k = 0,00041$, et $c = 0,34$, en unités calorifiques C.G.S.

SPECTROSCOPIE. — *Sur l'excitation des bandes de* CuCl *par fluorescence dans la vapeur du chlorure cuivreux*. Note de M. **Jean Terrien**, présentée par M. Aimé Cotton.

1. Nous avons publié (¹) les résultats d'une première étude des phénomènes de fluorescence et d'absorption présentés par la vapeur de chlorure cuivreux. Des améliorations expérimentales ont permis depuis, grâce à un gain de luminosité, d'analyser au spectrographe la lumière de fluorescence excitée par l'irradiation ultraviolette *monochromatique* de la vapeur. La source de lumière excitatrice est une étincelle quasiponctuelle entre électrodes métalliques (Zn, Cd, Al, Cu); elle est suivie d'un système dispersif en quartz orienté de façon à donner au sein de la vapeur une succession d'images monochromatiques de l'étincelle disposée dans le sens vertical; on projette les images des faisceaux excitateurs, visibles dans la vapeur par la fluorescence qu'ils y provoquent, sur la fente d'un spectro-

(¹) J. Terrien, *Comptes rendus*, 200, 1935, p. 1096.

graphe stigmatique placé à angle droit par rapport à ces faisceaux; on enregistre ainsi simultanément les spectres de fluorescence excités par les différentes radiations de l'étincelle, disposés les uns au-dessous des autres sur la plaque photographique.

Dans ces conditions, on observe que les bandes de fluorescence situées dans le visible ne se comportent pas de la même façon que les raies du cuivre, situées dans l'ultraviolet et présentes elles aussi dans le spectre de fluorescence. Nous nous bornerons dans cette Note à l'étude des bandes visibles.

2. On constate que le spectre de la fluorescence visible, constitué par l'ensemble des cinq systèmes de bandes connus de la molécule CuCl, est excité par les radiations de longueur d'onde inférieure à 2370 Å environ; jusqu'à la limite accessible de l'ultraviolet (λ 1850 Å), le spectre excité est toujours le même, avec quelques légères différences dans la répartition des intensités, sur lesquelles nous reviendrons plus loin. Rappelons d'autre part que l'étude de l'absorption ultraviolette nous avait permis de distinguer dans le spectre une bande continue, discernable à faible pression, qui s'étend à partir de λ 2350 Å vers les courtes longueurs d'onde, et présente un maximum voisin de λ 2230 Å; or on peut estimer visuellement que l'intensité de la fluorescence, à peu près nulle sous l'excitation λ 2370 Å, devient maximum avec l'excitation λ 2250 Å. Il semble donc permis d'identifier la bande continue d'excitation de fluorescence et la bande continue d'absorption dont nous avions montré l'existence.

3. Afin de spécifier d'une façon plus précise les légères différences d'intensité qui s'observent dans le spectre de fluorescence, rappelons que les cinq systèmes de bandes de CuCl sont les suivants : A dans le vert, B et C dans le bleu, D et E dans le violet. L'excitation par des radiations de longueur d'onde de plus en plus courte favorise progressivement les différents systèmes dans l'ordre A, B et C, D et E. Ce résultat peut sembler naturel, si l'on remarque que les états excités correspondants de CuCl occupent des niveaux d'énergie de plus en plus élevés. En effet, d'après l'analyse de Ritschl ([2]), qui a classé toutes les principales têtes de bande de ce spectre, la fréquence fondamentale de l'état inférieur est à peu près la même pour chacun des cinq systèmes; ceux-ci ont donc probablement cet état inférieur en commun, et les états supérieurs A, B, C, D, E ont bien une énergie d'excitation de plus en plus grande. On trouve jusqu'à

([2]) *Zeitschrift für Physik*, 42, 1927, p. 172.

un certain point une confirmation de cette façon de voir dans l'étude de l'émission purement thermique : en élevant progressivement la température jusqu'à 1400°C., nous avons obtenu l'émission successive des systèmes en question, et la couleur d'abord verte tend vers le bleu.

4. Quel est le mécanisme de la fluorescence de CuCl dans la vapeur de chlorure cuivreux ? Aux températures où sont faites les expériences, les molécules sont entièrement polymérisées, et ont pour formule Cu^2Cl^2; ceci résulte des déterminations de densité de vapeur et de l'absence du spectre d'absorption caractéristique de CuCl. D'autre part, l'intensité de la fluorescence est proportionnelle à l'intensité de l'excitation, ce qui tend à prouver que les groupements excités $(CuCl)^*$ sont produits par l'action photochimique d'un seul quantum absorbé. L'action la plus probable est donc la dépolymérisation de Cu^2Cl^2 en une molécule normale et une molécule excitée :



$$Cu^2Cl^2 + h\nu \rightarrow CuCl + (CuCl)^*.$$

Cette formule nous paraît donner la meilleure interprétation des faits expérimentaux connus jusqu'à présent.

SPECTROSCOPIE. — *Sur l'interprétation du spectre infrarouge des protéines.* Note (1) de MM. **Fred Vlès** et **Erwin Heintz**, présentée par M. Paul Portier.

Ayant défini (2) la structure spectrale infrarouge d'un certain nombre de protides, nous nous sommes demandés jusqu'à quel point l'on peut interpréter la structure spectrale des protéines à partir du spectre de leurs acides aminés de constitution. Dans une première comparaison qualitative, nous avons reconnu dans les bandes spectrales de protéines des détails significatifs du spectre des acides aminés en prédominance, tels qu'ils sont indiqués par les données classiques (3). Ensuite, dans une recherche quantitative, nous avons reconstruit le spectre d'une protéine en sommant les absorptions de ses plus importants constituants. Cette dernière opération a engagé de nouvelles déterminations soignées des constantes d'absorption

(1) Séance du 8 février 1937.

(2) F. Vlès et E. Heintz, *Comptes rendus*, 200, 1935, p. 1927; E. Heintz, *ibid.*, 201, 1935, p. 1478.

(3) Osborne, Samuely Raske, etc., *in* Abderhalden, *Bioch. Handb.*, IV, 1911, etc.

de la substance protéique envisagée (sérumalbumine) et de ses acides aminés, envisagés sous un état comparable (lames sèches).

Comparaisons qualitatives. — La comparaison des spectres infrarouges d'une protéine et de ses acides aminés constitutifs suffit souvent pour reconnaître dans le premier certains éléments caractéristiques des derniers ([4]) : il en est ainsi pour la *sérumalbumine* (leucine et lysine, et secondairement acide glutamique); pour des globulines (*édestine* : surtout acide glutamique, secondairement leucine; *excelsine* : acide glutamique, et puis arginine); pour la *caséine* (acide glutamique, leucine, lysine); pour l'*oxyhémoglobine* (surtout histidine; secondairement leucine; le groupement prosthétique, défini au moyen d'une hémine, ne joue que d'une façon minime, dans $\lambda\, 3^{\mu},1$ et $6^{\mu},9$); pour la *gélatine*, surtout glycocolle, ensuite proline). On a aussi comparé le spectre de la gélatine à celui de la dicétopipérazine, qui a deux bandes ($6^{\mu},4$; $5^{\mu},0$), non présentées par le glycocolle; or la gélatine possède aussi des bandes $5^{\mu},0$ et $6^{\mu},5$, ce qui pourrait sembler traduire dans son spectre l'intervention d'éléments dicétopipéraziques.

Examen quantitatif. — Le spectre de la sérumalbumine (préparation du Dr Piettre, à l'acétone) a été obtenu à partir d'une lame sèche de $0^{mm},01$ d'épaisseur de cette substance. Les quantités q des constituants admis comme les plus importants, ont été en première approximation (sur 100^{g}) : leucine 20^{g}; lysine 13^{g}; acide glutamique 8^{g}; arginine 5^{g}; cystine 4^{g}; histidine $3^{g},4$; acide aspartique $3^{g},2$; les constantes d'absorption K de ces divers acides aminés ont été également déterminées sur lames sèches de $1/100^{e}$ de millimètre d'épaisseur; avec elles on a construit la *courbe synthétique* correspondant à l'intervalle spectral de la courbe de la sérumalbumine, c'est-à-dire qu'on a sommé les produits Kq obtenus à partir des sept éléments ([5]). Il est essentiel de remarquer que le total des constituants ainsi envisagés ne représente que les 62 pour 100 du poids de la protéine, mais les faibles différences entre la courbe ainsi calculée et la réalité (voir la figure) ([6]) laissent entendre que la grosse portion dont il n'a pas été tenu

---

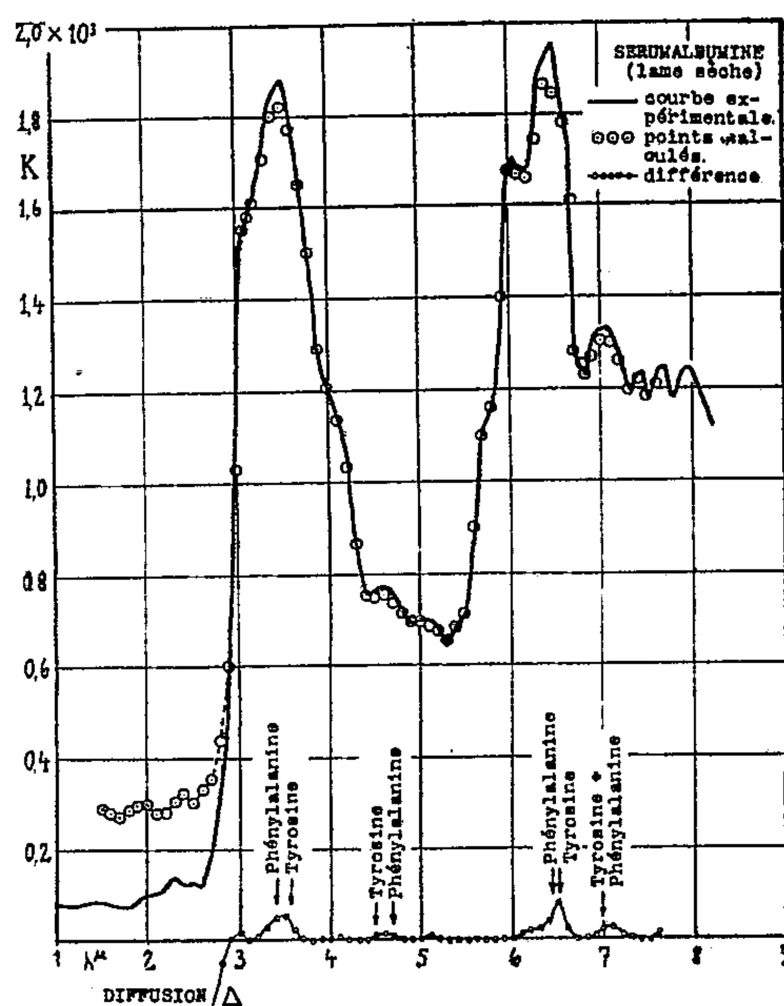
([4]) Les valeurs numériques paraîtront dans un autre Recueil.

([5]) On a rajouté au total une petite quantité d'eau (5,8 pour 100) représentant les traces de ce corps estimées dans les spectres; et ramené proportionnellement sur $\lambda\, 6^{\mu},4$ de la sérumalbumine.

([6]) Au-dessous de $\lambda\, 2^{\mu},7$ les constantes de certaines lames sèches d'acides aminés sont faussées par des phénomènes de diffusion; le total est entaché d'erreur progressive par excès.

compte n'a qu'une importance spectrale secondaire (soit peu sélective, soit proportionnelle au constitué). La *courbe de différences* Δ entre la courbe réelle et la courbe calculée laisse reconnaître des traces de la tyrosine et de la phénylalanine.

Considérations théoriques. — La reconnaissance qualitative et quantitative des acides aminés constitutifs dans le spectre des protéines semble au premier abord en concordance avec la théorie de la structure peptidique



Spectre infrarouge de la sérumalbumine (lame sèche) et courbe synthétique ⊙⊙ calculée au moyen de la somme de sept acides aminés constitutifs.

des protéines (Fischer); comme nous l'avons vu plus haut, elle offre également certains arguments d'accord avec la théorie dicétopipérazique d'Abderhalden. Par contre elle paraît opposée aux théories dites polycycliques (Troensegaard), qui admettent une structure où les acides aminés ne sont pas préformés dans la molécule protéique. Cette dernière conception conduirait en outre à supposer la présence dans la protéine d'un nombre particulièrement élevé de noyaux pyrroliques; or la comparaison de nos spectres avec le spectre du pyrrol de Coblentz (⁷) ne permettrait pas de considérer une prédominance quelconque de celui-ci.

(7) W. W. COBLENTZ, *Carnegie Inst. of Washington*, 35, 1905, p. 278.

SPECTROSCOPIE. — *Le passage de l'effet Zeeman à l'effet Paschen Back de structure hyperfine dans la polarisation des radiations de résonance.* Note de M. **Paul Soleillet**, transmise par M. Pierre Weiss.

La théorie que nous avons faite de la polarisation des radiations de résonance ([1]) n'est directement applicable qu'aux cas où les composantes de structure hyperfine sont largement séparées par rapport à la largeur naturelle des raies et où, le champ magnétique cessant d'être nul, il reste assez faible pour que la décomposition des niveaux s'effectue suivant les lois de l'effet Zeeman hyperfin.

Dans le cas du cadmium et de la raie 2288, pour les isotopes impairs de spin nucléaire 1/2, d'après les résultats de Heydenburg ([2]), le doublet hyperfin que constitue l'état excité a une séparation de $3\Delta = 12{,}6$ mcm^{-1} tandis que la largeur naturelle des raies, d'après les résultats de Filippov ([3]) sur la dispersion anomale, serait de 2,6 mcm^{-1} (τ durée moyenne de vie $= 2.10^{-9}$). D'autre part, la proportionnalité au champ de la séparation magnétique des niveaux (effet Zeeman) cesse dès que le champ atteint quelques dizaines de gauss.

Nous avons pu traiter complètement ce cas en utilisant pour le calcul des matrices ([4]) fournissant les amplitudes des probabilités de passage la méthode de Heisenberg et Jordan ([5]) et en introduisant entre les vibrations, qui, dans la dégénérescence complète, devraient être cohérentes, un déphasage proportionnel à la durée de vie à l'état excité et à la séparation des niveaux, que celle-ci provienne du champ extérieur seul ou qu'elle provienne aussi du couplage du spin nucléaire avec le moment électronique.

En utilisant nos notations habituelles, nous avons obtenu pour les U : (nous ne reproduirons pas ici les formules des V à cause de leur longueur)

$$U_1 = u_1(2 - A) + u_2 A,$$
$$U_2 = u_1 A + u_2(2 - A - B) + u_3 B,$$
$$U_3 = u_2 B + u_3(2 - B)$$

([1]) P. Soleillet, *Journal de Physique*, **7**, 1936, p. 77.

([2]) *Physical Review*, **43**, 1933, p. 640.

([3]) *Physikalische Zeitschrift der Sowjetunion*, **1**, 1932, p. 289.

([4]) P. Soleillet, *Comptes rendus*, **203**, 1936, p. 1333. Erratum. Mettre devant $X + iY$ et $X + iY$, les deux fois, le facteur $1/\sqrt{2}$.

([5]) *Zeitschrift für Physik*, **37**, 1926, p. 263.

avec

$$\frac{4}{A} = z^2 + 2z + 9 + \frac{1}{4\pi^2\tau^2\Delta^2} \quad \text{et} \quad \frac{4}{B} = z^2 - 2z + 9 + \frac{1}{4\pi^2\tau^2\Delta^2},$$

z étant défini par $H\mu_B g = z\Delta hc$, H champ magnétique, μ_B le magnéton de Bohr, g facteur de Landé de structure fine $= 3/2$. Avec la valeur admise ici pour Δ, $z = 1$ correspond à 59,5 gauss.

Nous avons pu, de la discussion des formules, tirer les conclusions suivantes :

1° Quel que soit le champ, l'intensité totale émise $U_1 + U_2 + U_3$ ne dépend que de l'intensité totale d'excitation $u_1 + u_2 + u_3$, que cette excitation soit isotrope ou non. Si elle est isotrope $u_1 = u_2 = u_3$, la radiation émise est aussi isotrope $U_1 = U_2 = U_3$. C'est une façon de vérifier le principe de stabilité spectroscopique. On peut en tirer la généralisation à des champs quelconques de la formule

$$\frac{2}{P_{\parallel}} = \frac{1}{P_{\perp}} + 1,$$

$P_{\perp}$ taux de polarisation rectiligne dans l'observation transversale lors d'une excitation par de la lumière naturelle $u_1 = u_3 \neq 0$, $P_{\parallel}$ celui lors d'une excitation par de la lumière rectiligne $u_2 \neq 0$.

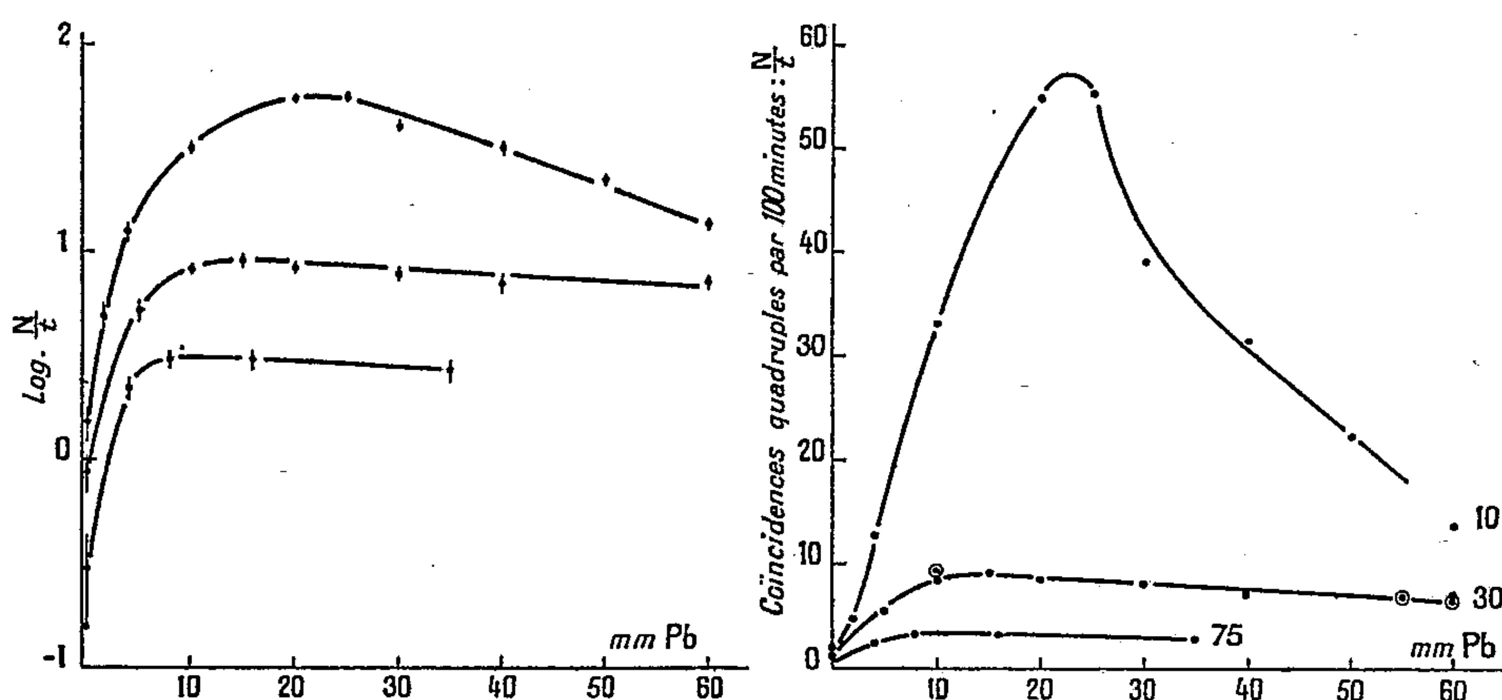
2° Dans le cas d'un champ nul, on peut suivre le passage continu du cas d'une séparation Δ grande par rapport à la largeur naturelle, alors $A = B = 4/9$, incohérence complète des composantes du doublet, à celui d'une séparation Δ petite par rapport à la largeur naturelle, $A = B = 0$, cohérence complète.

3° Deux des niveaux magnétiques provenant des deux termes du doublet viennent se couper pour $z = 2$. La cohérence qui en résulte pour certaines des vibrations qui déterminent le taux de polarisation rectiligne dans l'observation longitudinale lors d'une excitation transversale modifie profondément la courbe ordinaire en $a/(b + H^2)$.

4° Dans l'excitation longitudinale $u_2 \neq 0$, U_1 et U_3 ne sont égaux que pour des champs faibles ou très forts. On devrait donc observer dans la région intermédiaire une polarisation circulaire partielle de la radiation émise dans la direction du champ, phénomène qui serait tout à fait caractéristique du passage de l'effet Zeeman à l'effet Paschen-Back.

PHYSIQUE NUCLÉAIRE. — *Effets secondaires des rayons cosmiques à l'air libre et en sous-sol.* Note (¹) de M. **Pierre Auger** et Mme **Grivet Meyer**, transmise par M. Jean Perrin.

I. Nous avons montré (²) que les corpuscules cosmiques du groupe pénétrant, étudiés par exemple sous des épaisseurs de sol et d'air équivalents à 30m et 75m d'eau, produisaient dans les éléments lourds des effets secondaires multiples (gerbes) dont les caractères ne sont pas identiques à ceux des gerbes observées à l'air libre. En particulier, nous avons attiré



l'attention sur la forme de la courbe représentant la variation du nombre de ces gerbes en fonction de l'épaisseur de l'écran de plomb où elles se forment : dans les laboratoires souterrains, il se produit une sorte de saturation très vite atteinte (moins de 10mm de Pb) tandis qu'au-dessus du sol, on observe un maximum (vers 20mm) suivi d'une rapide décroissance exponentielle.

II. Les mesures ont été reprises avec des appareils à coïncidences à quatre compteurs, du modèle décrit à propos d'un travail fait en haute altitude (³) et avec des écrans en forme de voûtes (petites voûtes du travail cité). Nous donnons ci-contre les courbes de variation du nombre de coïn-

(¹) Séance du 8 février 1937.
(²) *Comptes rendus*, 202, 1936, p. 1923.
(³) *Comptes rendus*, 203, 1936, p. 1082.

cidences par 100 minutes en fonction des épaisseurs des écrans, et les courbes logarithmiques correspondantes. Les courbes supérieures sont obtenues à Paris, sous une coupole astronomique (écran total atmosphérique équivalant à 10^m d'eau), les courbes moyennes sous $8^m,50$ de sol (écran total : 30^m d'eau), les courbes inférieures sous 28^m de sol (écran total : 75^m d'eau). Nous pensons que les valeurs absolues des nombres de coïncidences peuvent être comparées entre elles, les appareils ayant été transportés rapidement d'un laboratoire à l'autre et ayant fonctionné régulièrement. La comparaison absolue avec les valeurs obtenues au Jungfraujoch avec les mêmes dispositifs ne paraît pas possible ici; elle a été d'ailleurs réalisée dans un travail antérieur ([4]).

III. On voit que les courbes présentent les caractères observés dans le premier travail, mais avec une valeur de départ (sans écran de plomb) beaucoup plus basse, à cause de l'emploi de quatre compteurs. La finesse de l'analyse s'en trouve accrue, et l'on peut mieux voir la très rapide croissance atteignant une valeur maximum vers 10^{mm}. Une décroissance lente est également visible, mais des expériences en cours montrent qu'elle ne se poursuit pas au delà de 60^{mm}. Les caractères des courbes sous 8^m et 28^m de sol sont comparables, et très différents de ceux des courbes à l'air libre. Sur les courbes logarithmiques, on peut voir que le coefficient de décroissance de ces courbes de sous-sol est 10 fois plus petit que celui de la courbe à l'air libre. Comme Clay et nous-mêmes l'avions déjà signalé, la décroissance du nombre maximum de gerbes (obtenu avec un écran de plomb de 20^{mm}) suivant l'écran total d'air et de sol superposé est sensiblement parallèle à la décroissance du nombre de corpuscules cosmiques, ainsi que l'on peut le voir en comparant les valeurs ci-contre à celles obtenues dans un récent travail ([5]) fait dans les mêmes laboratoires avec des groupes de compteurs situés dans un plan vertical.

([4]) Berthelot, *Diplôme d'études supérieures*, Paris, 1936; P. Auger, *Kernphysik*, Berlin, 1936.

([5]) *Comptes rendus*, 204, 1937, p. 257.

THERMOCHIMIE. — *Contribution à la thermochimie des hydrocarbures.* Note de M. **Marcus Brutzcus**, présentée par M. Jean Perrin.

Il a été trouvé (¹) qu'à la combustion d'un atome gazeux et libre de C, 456,6 K_{cal}/at-g se dégagent. En raison de l'importance de ce chiffre pour toute la Chimie nous montrons ici que précisément cette même valeur pour la puissance calorifique intrinsèque de l'atome C, peut aussi être trouvée en partant des puissances calorifiques expérimentales $P_{cal}(C^m H^n)$ des hydrocarbures de toutes les séries. En introduisant les mêmes notations que dans la Note précédente

$$P_{at}(C^m H^n) = m.L_i(C - O^2) + n.L_i(H - O) = P_{cal}(C^m H^n) + (m + n/4).L_i(O = O) + \Sigma L_i(C^m H^n) + m'.102,72,$$

$$m.L(C - O^2) = [P_{cal}(C^m H^n) + (m + n/4).L_i(O = O) + \Sigma L_i(C^m H^n) + m'.102,72] - n.L_i(H - O).$$

Les tables de la Note précédente (ligne 5) contiennent les valeurs intrinsèques de $\Sigma L_i(C^m H^n) + m'.102,72$; pour obtenir les valeurs réelles de ces liaisons qui doivent y entrer en compte, il faut en déduire pour les séries : non cyclique $[(m-1)+1/2n].102,72$; cyclique $(m+1/2n).102,72$; aromatique $(1\frac{1}{2}m+1/2n).102,72$. Les tables ci-après contiennent ces calculs.

Des tables ci-après et de la Note précédente les conclusions suivantes peuvent être déduites :

1° La puissance calorifique intrinsèque de l'atome C gazeux et scindé, comme il existe dans les hydrocarbures, est égale à 456,6 K_{cal}/at-g (ligne 8) exactement égale à la puissance calorifique de quatre atomes d'hydrogène :

$$4.L_i(H - O) = 4.114,17 = 456,6 K_{cal}/\text{at-g}. \quad (\text{voir p. } 491).$$

2° La puissance calorifique intrinsèque d'un hydrocarbure quelconque

$$P_{at}(C^m H^n) = (m + n/4).456,6 K_{cal}/\text{mol-g}. \quad (\text{ligne } 9).$$

3° Une mole d'oxygène produit à la combustion : d'hydrogène, de carbone ou d'un hydrocarbure quelconque toujours la même quantité de chaleur, à savoir, 456,6 K_{cal}/mol-g.

4° Les 456,6 K_{cal} qui se dégagent à la combustion d'un atome-gramme de carbone se répartissent de la manière suivante (voir p. 491) :

(¹) *Comptes rendus*, **204**, 1937, p. 490.

	Kcal.
1° L'excitation de l'atome C de l'état neutre à l'état bivalent absorbe...	102,72
2° L'adjonction du premier atome d'O dégage en dehors.............	67,345
3° L'excitation de l'atome C de l'état bivalent à l'état tétravalent absorbe.	102,72
4° A l'adjonction du second atome d'O se dégage en dehors...........	67,345
5° La destruction de la liaison $L_i(O = O)$ absorbe..................	116,4
Total.....................	456,530

	Méthane CH^4.	Éthane C^2H^6.	H—C—H.	Éthylène C^2H^4.
1. $P_{cal}(C^mH^n)$ exp. (E).	211,6	371,3	156,7	332,2
2. $(m+n/4).L_i(O=O)$.	(2) 232,8	$(3\frac{1}{2})$ 407,4	$(1\frac{1}{2})$ 174,6	(3) 349,2
3. $\Sigma L_i(C^mH^n)$.......	(4) 468,8	(7) 819,5	(3) 353,6	(5) 585,5
4. m'.102,72.......	–	–	–	102,7
5. $P_{at}(C^mH^n)$........	913,2	1598,2	684,9	1369,7
6. $n.L_i(H-O)$.......	(4) 456,6	(6) 685,0	(2) 228,3	(4) 456,6
7. $m.L_i(C-O^2)$.......	(1) 456,6	(2) 913,2	(1) 456,6	(2) 913,1
8. $L_i(C-O^2)$........	456,6	456,6	456,6	456,6
9. $P_{at}(C^mH^n)/M.d'O$..	(2) 456,6	$(3\frac{1}{2})$ 456,6	$(1\frac{1}{2})$ 456,6	(3) 456,6
10. Liaison moyenne...	117,2	117,0	117,8	117,1

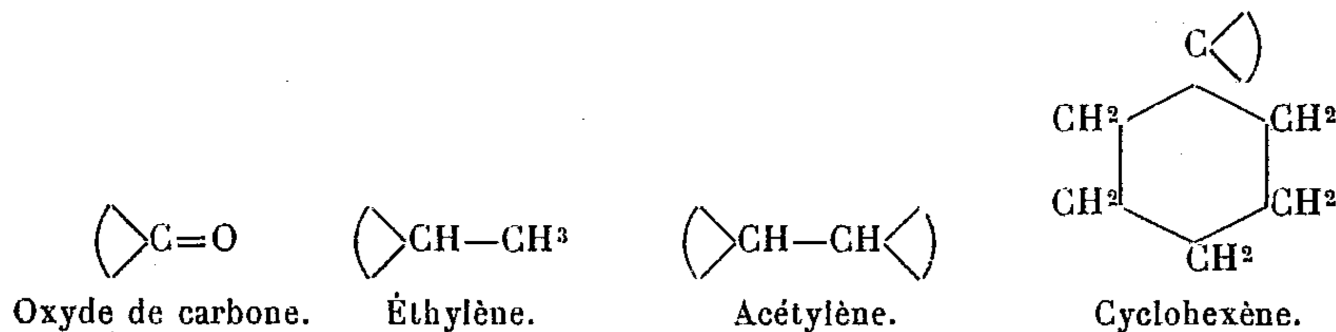
	Cyclohexène C^6H^{10}.	Acétylène C^2H^2.	Cyclohexane C^6H^{12}.	Benzène C^6H^6.
1. $P_{cal}(C^mH^n)$ exp. (E).	904,0	311,6	943,3	786,5
2. $(m+n/4).L_i(O=O)$.	$(8\frac{1}{2})$ 989,4	$(2\frac{1}{2})$ 291,0	(9) 1047,6	$(7\frac{1}{2})$ 873,0
3. $\Sigma L_i(C^mH^n)$.......	(16) 1884,7	(3) 333,3	(18) 2118,4	(15) 1764,6
4. m'.102,72........	(1) 102,7	(2) 205,4	–	–
5. $P_{at}(C^mH^n)$........	3880,8	1141,3	4109,3	3424,1
6. $n.L_i(H-O)$.......	(10) 1141,7	(2) 228,3	(12) 1370,1	(6) 685,0
7. $m.L_i(C-O^2)$.....	(6) 2739,1	(2) 913,0	(6) 2739,2	(6) 2739,1
8. $L_i(C-O^2)$........	456,6	456,5	456,6	459,6
9. $P_{at}(C^mH^n)/M.d'O$..	$(8\frac{1}{2})$ 456,6	$(2\frac{1}{2})$ 456,5	(9) 456,6	$(7\frac{1}{2})$ 456,5
10. Liaison moyenne...	117,7	111,1	117,7	117,6

Les chiffres entre parenthèses sont les quantités prises en calcul [1].

5° Les hydrocarbures non saturés possèdent un ou plusieurs atomes C

(1) Une erreur s'est glisée dans notre Note précédente : Dans les tableaux pages 492 et 493, ligne 1, *au lieu de* $m.L(C - C) + \frac{1}{2}n.L(C - H)$, *lire* $m.134{,}69 + \frac{1}{2}n.67{,}42$.

qui se trouvent en état bivalent. Leurs formules doivent être écrites



où le symbole ⟨⟩ indique que deux des valences de l'atome C sont inactives (liées).

6° Il s'ensuit que dans les hydrocarbures non saturés il n'existe ni de doubles ni de triples liaisons des atomes C, ce qui est aussi démontré par le calcul $\Sigma L_i(C^m H^n)$ de leurs molécules. Par exemple, dans l'acétylène (ligne 2),

$$\Sigma L_i(C^2H^2) = (m-1)\, L_i(C-C) + n\, L(C-H) = 1.100{,}68 + 2.116{,}34 = 333{,}36\, K_{cal}.$$

7° Dans les corps aromatiques, par exemple dans le benzène, il y a 6 atomes C, mais 9 liaisons (C — C). Il semble que les liaisons au surplus lient diagonalement les atomes C :

$$\Sigma L(C^6H^6) = 1\tfrac{1}{2}m\, L_i(C-C) + n\, L_i(C-H) = 9.118{,}5 + 6.116{,}34 = 1764{,}6\, K_{cal}.$$

8° L_i(C — C) et L_i(C — H) ont deux sortes de valeurs : 1° valeur intrinsèque moyenne (223,5 et 167,5) qui détermine l'effort qui est nécessaire pour détruire la liaison; 2° valeur réelle moyenne (120,78 et 116,34) qui détermine la quantité de l'énergie absorbée (voir p. 492).

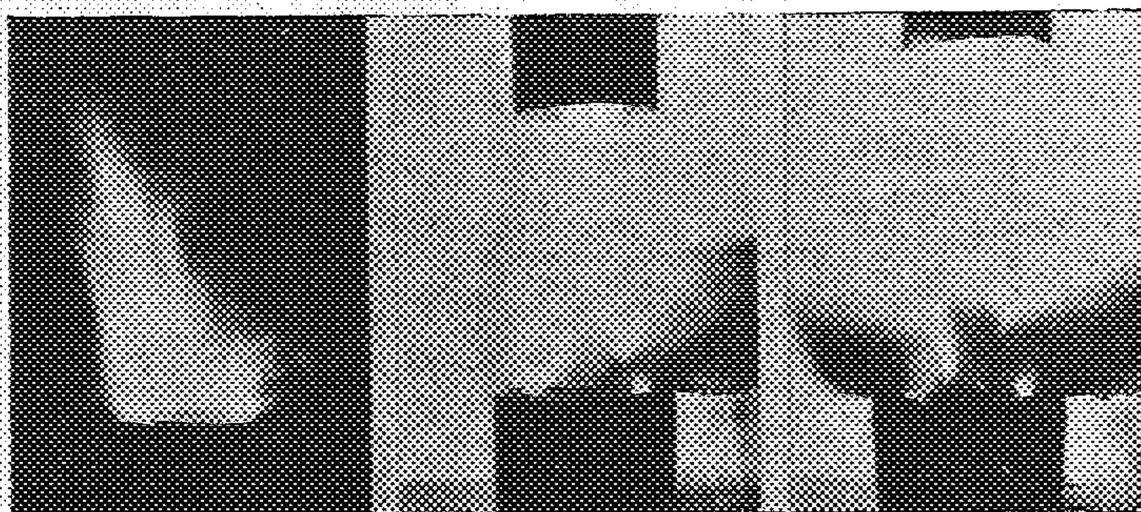
9° Dans les corps non saturés, à cause de la bivalence et dans les corps aromatiques, les liaisons (C — C) sont un tout petit peu affaiblies.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Suite de photographies, à intervalles du cent-millième de seconde, des phénomènes accompagnant la détonation d'un explosif brisant.* Note (1) de MM. **Albert Michel-Lévy** et **Henri Muraour.**

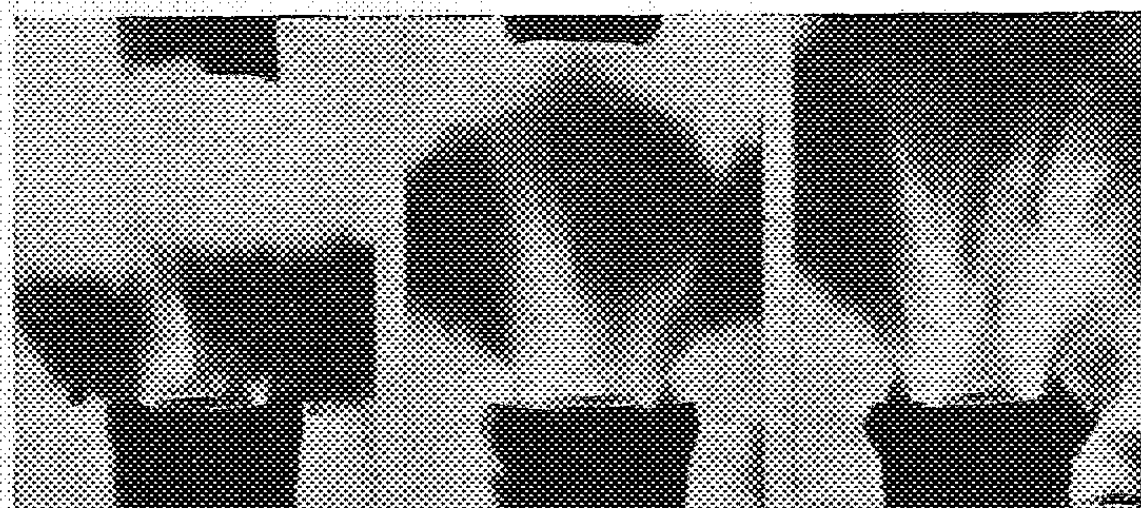
Nous avons cherché à confirmer par la photographie le fait que nous avons préalablement établi (2), que les fortes luminosités provoquées par

(1) Séance du 15 février 1937.

(2) *Comptes rendus*, **198**, 1934, p. 1499 et 2091; *id.* **201**, 1935, p. 828; *id.* **202**, 1936, p. 949.



1 2 3



4 5 6



7 8 9

1. Luminosités de la détonation dans le cylindre de plomb seul. — 2. Double détonation à intervalle de 0",0000045. — 3. Double détonation à intervalle de 0",000013. — 4. Double détonation à intervalle de 0",000018. — 5. Double détonation à intervalle de 0",000036. — 6. Double détonation à intervalle de 0",000063. — 7. Double détonation à intervalle de 0",000108. — 8. Double détonation à intervalle de 0",000153. — 9. Cylindre de plomb après détonation.

la détonation des explosifs très brisants résultent de l'action de l'onde de choc dans l'atmosphère entourante et non des gaz de l'explosion.

Les luminosités de la détonation dans l'air de $0^{cm^3},4$ d'un mélange à combustion complète de tétranitrométhane et de toluène, placé dans la rainure circulaire d'un *cylindre de plomb*, sont photographiées sur un banc d'optique; un puissant éclat lumineux, d'une durée de 3 millioniémes de seconde, est provoqué en arrière par la détonation dans l'argon, un cent-millième de seconde après la première, d'une même quantité de cet explosif, placé dans la rainure circulaire d'un *cylindre de laiton*.

Ce dernier éclat lumineux donne, par une deuxième impression photographique, sur la même plaque, le dessin en silhouette des gaz opaques et du cylindre de plomb en voie de déformation à la suite de la première détonation.

La détonation est amorcée à 4^{cm} du bloc de plomb et transmise au bloc de laiton (source de lumière) par l'intermédiaire d'un cheminement linéaire d'un explosif en poudre cristalline, le perchlorate de diazo de métanitraniline. La différence de longueur entre les deux cheminements détermine l'intervalle de temps qui s'écoule entre les deux détonations. A une différence de cheminement de 2^{cm} correspond un intervalle de temps de 8 à 9,8 millioniémes de seconde (vérification faite sur un disque tournant à 10000 tours par minute). L'expérience a été recommencée un certain nombre de fois avec des différences de cheminement compris entre 1 et 34^{cm}, correspondant à des intervalles de temps compris entre environ 1/2 et 16 cent-millièmes de seconde, entre les deux photographies superposées. On a réalisé ainsi une série de vues quasi-cinématographiques à un régime de 100 à 200000 vues par seconde.

Voici dans l'ordre chronologique la succession des effets mis en évidence :

Fig. 1. — Luminosités dues à la rencontre des ondes de choc; dans cette expérience, on n'a pas provoqué la deuxième détonation; le fond est donc obscur.

Fig. 2. — Les mêmes luminosités et léger gonflement du plomb par l'onde de choc, sur le fond clair de la deuxième détonation.

Fig. 3, 4, 5, 6. — On assiste : 1° au dégagement progressif des gaz de l'explosion rendus opaques par la présence de particules de plomb. Entre 20 et 40^{mm} au-dessus de la surface du bloc, les gaz cheminent à la vitesse moyenne de 4000 mètres-seconde; 2° à la déformation progressive du bloc de plomb *a.* latéralement, sous l'influence de l'onde de choc, *b.* à la surface, sous l'influence des gaz sous pression.

Fig. 7 et 8. — Les gaz ont cessé de se dégager (après 1 dix-millième de seconde); le

fond lumineux réapparaît. Les pelures de plomb arrachées latéralement par l'onde de choc continuent à s'incurver par la vitesse acquise.

Nous confirmons ainsi, en séparant par la photographie des phénomènes très rapprochés dans le temps, que les fortes luminosités de la détonation sont antérieures à la détente des gaz de l'explosion et ne peuvent leur être attribuées.

CHIMIE PHYSIQUE. — *De l'influence de faibles quantités d'oxydes métalliques sur la cristallisation du borate de zinc.* Note (1) de MM. **René Pâris** et **Paul Mondain-Monval.**

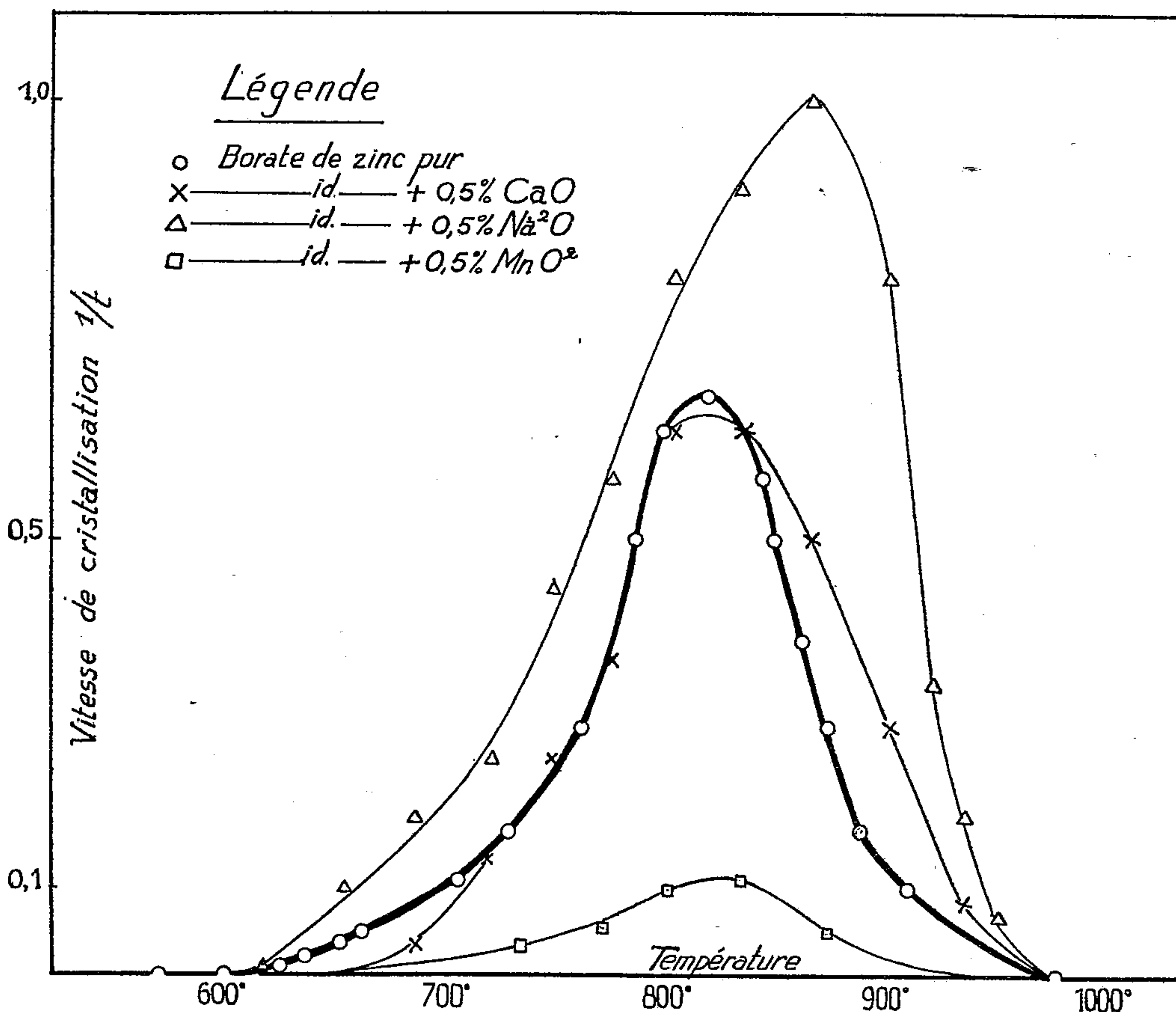
Poursuivant nos recherches sur les facteurs de dévitrification du borate de zinc $2B^2O^3, 3ZnO$, nous avons examiné, de façon systématique, l'action d'un certain nombre d'oxydes métalliques sur la vitesse de cristallisation de ce produit. Ces oxydes, ou, éventuellement, les carbonates correspondants, étaient incorporés, en quantité connue (inférieure à 1 pour 100), au moment de la fusion du verre et la vitesse de dévitrification était appréciée, en fonction de la température, suivant la technique décrite dans une Note précédente (2). Nous avons pu ainsi observer que le temps t mis par la perle de borate à se recouvrir de cristaux, dépend non seulement de la température, mais encore de la nature, de la concentration de l'oxyde ajouté, ainsi que de son degré d'oxydation.

1° *Nature de l'oxyde.* — Au point de vue de leur action sur la vitesse de cristallisation du borate de zinc, les oxydes des différents éléments, à concentration constante et faible (0,5 pour 100) se rangent difficilement suivant la place qu'occupent ces éléments dans la classification périodique. Néanmoins, on a pu constater que tous les oxydes des métaux alcalins essayés (Li, Na, K) accélèrent la cristallisation, tandis que ceux des métaux du groupe II (Gl, Mg, Ca, Sr, Ba, Zn, Cd) n'ont qu'une action retardatrice très faible. Tous les autres oxydes, à l'exception de l'oxyde de plomb à peu près inactif, entravent de façon très nette la cristallisation de la perle de borate. Nous mentionnerons, dans l'ordre de leur effet croissant, ceux des métaux suivants : Al, Ce, U, Sn, Dy, W, Th, Mo, Tl, Bi, Zr, Co, (Er + Yt), Ni, Cu, Fe, Ti, Mn, Cr.

(1) Séance du 15 février 1937.

(2) *Comptes rendus*, 202, 1936, p. 2075.

Afin de permettre la comparaison des perturbations apportées à la vitesse de cristallisation du borate de zinc par trois oxydes d'effet très différent, à la concentration de 0,5 pour 100 chacun, nous avons reproduit sur la figure ci-dessous, les courbes correspondant au borate de zinc et à ce



même verre additionné, soit d'oxyde de sodium, soit d'oxyde de calcium, soit d'oxyde de manganèse.

2° *Concentration de l'oxyde.* — En incorporant au borate de zinc des teneurs variables d'oxydes de sodium, calcium, magnésium, chrome et manganèse, nous avons pu observer qu'en général le ralentissement (ou l'accélération) de la dévitrification augmentait en même temps que la concentration de l'oxyde ajouté. Toutefois, la relation n'est pas linéaire et les effets produits par d'égales additions d'oxyde diminuent d'importance au fur et à mesure que la concentration augmente. Il peut même arriver,

lorsque l'oxyde envisagé abaisse considérablement la vitesse de cristallisation du borate (oxydes de fer et de chrome) que des teneurs de l'ordre de 0,05 pour 100 soient à peine moins efficaces que celles de 0,5 pour 100.

3° *Degré d'oxydation de l'oxyde.* — Comme on le sait, une perle de borate contenant l'oxyde d'un métal susceptible de présenter plusieurs degrés d'oxydation, prend des colorations différentes, attribuables à des oxydes distincts, suivant qu'elle a été fondue en flamme oxydante ou réductrice. Or on a constaté que la vitesse de cristallisation de cette perle dépendait, en général, dans une très large mesure, du degré d'oxydation du métal ajouté. C'est ainsi que les oxydes de cérium, uranium et tungstène, n'ayant que très peu d'influence sur la cristallisation du borate de zinc après fusion en flamme oxydante, la diminuent considérablement après fusion en flamme réductrice.

Des recherches actuellement en cours tendent à généraliser, dans le domaine des autres verres, les observations précédentes relatives au borate de zinc; elles devront également contribuer à éclaircir le mécanisme de l'action catalytique des oxydes.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur les oscillations de la chaîne carbonée de la molécule de benzène.* Note de MM. **Pierre Donzelot** et **Jean Barriol**, présentée par M. Robert Lespieau.

Nous allons essayer de prévoir les fréquences fondamentales du spectre du benzène dues aux oscillations de la chaîne carbonée; les études de cette molécule par les procédés de diffraction de rayons X ou d'ondes électroniques ont permis de conclure à une structure approximativement plane de la molécule, que l'on peut supposer disposée suivant un hexagone régulier. Nous nous limiterons aux oscillations affectant la chaîne carbonée, oscillations peu couplées vraisemblablement avec celles intéressant les liaisons C — H à cause des différences d'ordre de grandeur. Nous avons seulement à considérer le cas d'oscillations symétriques par rapport au centre, si nous envisageons les fréquences permises du spectre de diffusion. Il en résultera que le déplacement plan quelconque répondant à ces conditions sera déterminé par la connaissance de six paramètres; nous choisirons les composantes des déplacements des noyaux le long des côtés de l'hexagone. Écrivons qu'il existe une oscillation d'ensemble de fréquence n; en désignant par f' un coefficient de proportionnalité des forces aux accélé-

tions, nous obtenons les équations de la forme

$$mn^2 u = f'\left(u + v' - \frac{u' + v}{2}\right) \quad \text{et} \quad mn^2 v' = f'\left(u + v' - \frac{u' + v}{2}\right),$$

les autres équations s'en déduisant par permutation (m est la masse oscillante rapportée à la molécule-gramme, et n est la fréquence en cm^{-1}).

Ces équations conduisent à

$$u = v', \qquad u' = v'', \qquad u'' = v.$$

Et nous obtenons le système définitif en utilisant uniquement les trois paramètres u, v et w

$$mn^2 u = f'\left(2u - \frac{v + w}{2}\right),$$
$$mn^2 v = f'\left(2v - \frac{w + u}{2}\right),$$
$$mn^2 w = f'\left(2w - \frac{u + v}{2}\right)$$

et par addition

$$(mn^2 - f')(u + v + w) = 0.$$

Nous allons examiner les deux groupes de solutions possibles.

D'une part, $mn^2 - f' = 0$, d'où $n_1^2 = f'/m$, ce qui correspond finalement à $u = v = w$, c'est l'oscillation totalement symétrique.

D'autre part la deuxième solution conduit à $mn^2 u = 5/2 f' u$, et deux autres relations analogues, avec $u + v + w = 0$. L'oscillation que nous pouvons ainsi prévoir aura une fréquence propre, $n_2^2 = 5/2 n_1^2$; et, avec la condition $u + v + w = 0$, il subsiste un certain arbitraire dans le choix des amplitudes et des phases. Nous avons ainsi une oscillation elliptique, qui correspond à une raie dépolarisée du spectre de diffusion.

Nous sommes donc amenés à rechercher dans le spectre de diffusion du benzène deux raies : l'une polarisée et intense de fréquence n_1, l'autre dépolarisée, de fréquence n_2, telle que $n_2 = n_1 \sqrt{5/2}$. La raie n_1 est sans ambiguïté la raie 994 du benzène; d'où n_2 calculé = 1571 ce qui correspond à la raie expérimentale 1584 du spectre de diffusion; la différence semble pouvoir s'expliquer par l'influence du couplage dans une oscillation propre intéressant la liaison C-H.

Les mêmes considérations peuvent s'appliquer à la molécule de cyclohexane, et nous conduisent dans ce cas, en choisissant pour n_1 la fréquence intense 800 extrêmement polarisée (d'après Bhagavantam), à prévoir $n_2 = 1264$, dépolarisée. L'expérience donne précisément ce nombre, et la raie est signalée comme dépolarisée (Kohlrausch).

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur les perturbations apportées par l'écrouissage au diagramme dilatométrique des métaux.* Note ([1]) de M. **Maurice Bonzel**, présentée par M. Léon Guillet.

J'ai étudié précédemment les déformations qui se produisent lors du chauffage des pièces métalliques déformées à froid ([2]). J'ai constaté qu'il était parfois possible de supprimer ces déformations et que cette possibilité était liée aux perturbations apportées par l'écrouissage au diagramme dila-

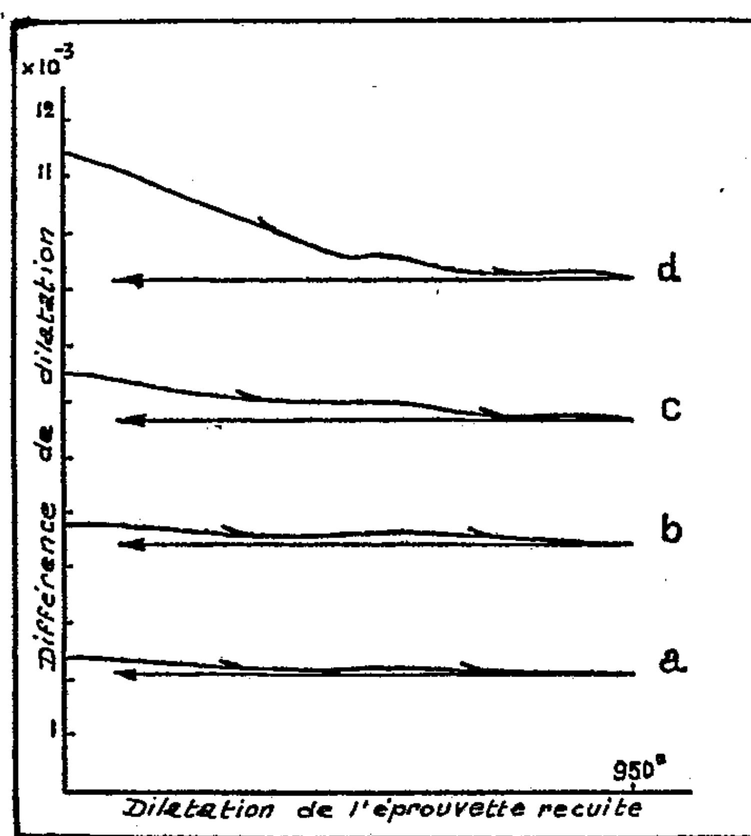


Fig. 1. — Diagrammes dilatométriques différentiels entre éprouvettes écrouies et éprouvettes recuites. Acier inoxydable à 18 % de chrome et 8 % de nickel.
a, allongement de l'éprouvette écrouie de 10 % par traction; *b*, allongement de l'éprouvette écrouie de 20 % par traction; *c*, allongement de l'éprouvette écrouie de 35 % par traction; *d*, allongement de l'éprouvette écrouie de 130 % par tréfilage.

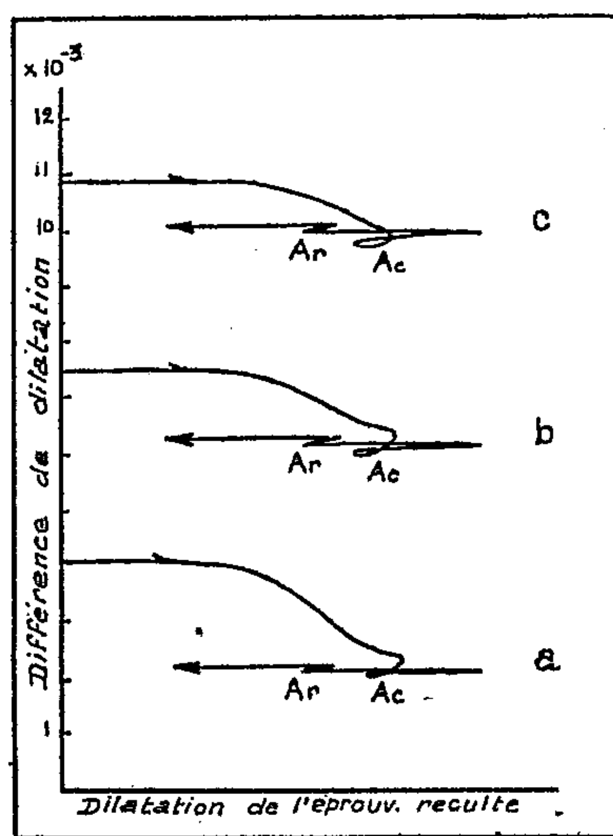


Fig. 2. — Diagrammes dilatométriques différentiels entre éprouvettes écrouies et éprouvettes recuites. Acier au carbone simple (C : 0,73 — Mn : 0,60).
a, allongement de l'éprouvette écrouie de 5 % par traction; *b*, allongement de l'éprouvette écrouie de 10 % par traction; *c*, allongement de l'éprouvette écrouie de 15 % par traction. *Perlite lamellaire grossière.*

tométrique. De nouvelles recherches m'ont permis d'apporter des précisions sur la nature de ces perturbations.

En opposant dans un dilatomètre différentiel Chèvenard deux éprou-

([1]) Séance du 15 février 1937.
([2]) *Comptes rendus*, 201, 1935, p. 394.

vettes d'un même métal ayant subi le même traitement thermique, mais dont l'une était en outre allongée d'une quantité variable par traction ou tréfilage, j'ai obtenu des séries cohérentes de diagrammes dont les figures 1 à 3 sont des exemples et qui m'ont permis de tirer les conclusions suivantes :

1° Si l'on considère une masse de métal parfaitement recuit de volume suffisant pour comprendre un assez grand nombre de cristaux, le coefficient de dilatation linéaire moyen au voisinage d'une température donnée est le même dans toutes les directions, et la représentation vectorielle de

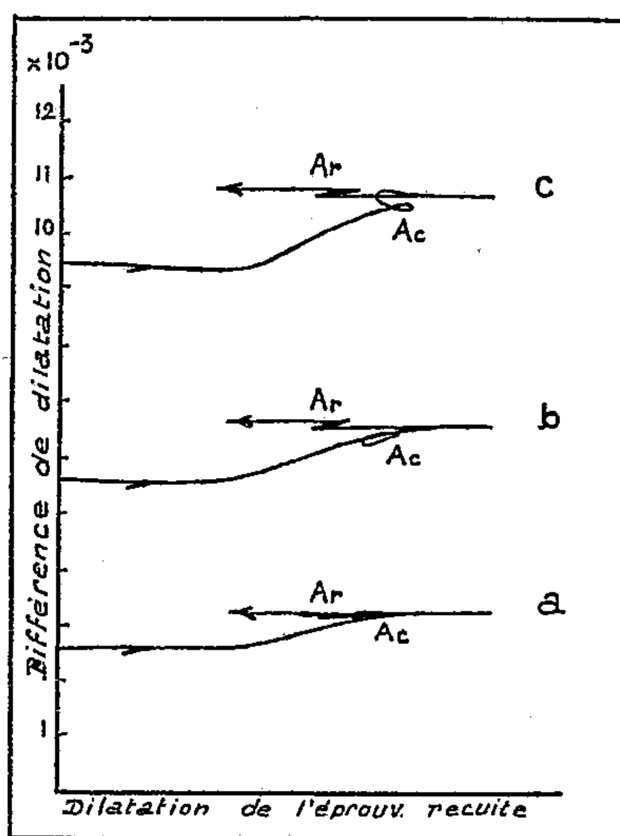


Fig. 3. — Diagrammes dilatométriques différentiels entre éprouvettes écrouies et éprouvettes recuites. Acier au carbone simple (C : 0,73 — Mn : 0,60). *a*, allongement de l'éprouvette écrouie de 5 pour 100 par traction; *b*, allongement de l'éprouvette écrouie de 10 pour 100 par traction; *c*, allongement de l'éprouvette écrouie de 15 pour 100 par traction. *Perlite granulaire fine.*

ce coefficient est limitée par une sphère. Une déformation permanente à froid de cette masse métallique entraîne toujours lors d'un réchauffage ultérieur une anisotropie plus ou moins marquée dans le régime des dilatations. L'effet de cette anisotropie de caractère irréversible s'ajoute à celui de la variation de densité, et se manifeste principalement dans les zones de température qui correspondent à des perturbations importantes du réseau cristallin : recristallisation, modifications allotropiques, etc... C'est à cette influence perturbatrice de la déformation à froid que sont dues la plupart des anomalies accidentelles observées dans les diagrammes dilatométriques lors des premiers cycles thermiques.

2° La façon dont la déformation à froid a été obtenue (traction simple ou tréfilage) a peu d'influence sur le sens et la grandeur des perturbations du type ci-dessus; celles-ci en outre ne sont ni supprimées ni très modifiées lorsqu'on élimine un important volume de matière en enlevant par exemple par meulage les couches externes d'une éprouvette tractionnée, car elles sont une conséquence directe de la déformation des cristaux à froid et de leurs modifications à chaud.

3° Les métaux purs sont généralement peu sensibles à cette influence de l'écrouissage, c'est ainsi que pour le cuivre, le nickel, et le fer pur, les différences de dilatation entre éprouvettes recuites et éprouvettes étirées sont très faibles quel que soit le degré d'étirage.

Les solutions solides et les alliages à plusieurs phases présentent au contraire parfois des réactions intenses qui dépendent de la nature de l'alliage, de son état physicochimique et du degré d'écrouissage.

4° Les aciers au carbone simples et les aciers perlitiques à faible teneur en éléments spéciaux présentent à ce sujet une particularité remarquable :

Lorsque l'on compare les réactions durant un premier chauffage d'éprouvettes tractionnées à celles d'éprouvettes recuites à perlite lamellaire grossière, on observe au cours de la recristallisation une *contraction relative* (dans la direction de leur déformation à froid) des éprouvettes tractionnées par rapport aux éprouvettes recuites. Inversement, lorsque la cémentite est très finement divisée (perlite granulaire très fine ou troostite), on observe au cours de la recristallisation une *dilatation relative* des éprouvettes tractionnées; et l'on peut obtenir à volonté tous les intermédiaires entre ces deux types extrêmes en faisant varier le degré de coalescence de la cémentite.

5° La perturbation irréversible apportée par l'écrouissage au diagramme dilatométrique ne croît pas toujours en même temps que cet écrouissage, mais elle passe au contraire souvent par un maximum pour une certaine valeur de la déformation à froid ; il en est notamment ainsi pour les aciers perlitiques à grosses lamelles de cémentite (*fig.* 2).

6° La possibilité de réglage des réactions dilatométriques orientées des aciers perlitiques, en faisant varier la forme de la cémentite eutectoïde, peut être utilisée comme principe fondamental pour la compensation des déformations au chauffage de certaines pièces écrouies.

CHIMIE MINÉRALE. — *Relations entre cyanure, cyanamide et nitrure chez quelques éléments du groupe des terres rares.* Note de MM. **Adrien Perret** et **Albert Banderet**, présentée par M. Georges Urbain.

Nous avons étudié [1] quelques réactions de double échange qui se produisent par chauffage sous vide entre certains sels métalliques halogénés et le cyanure de sodium. Elles commencent au voisinage du point de fusion du cyanure de sodium en mélange avec ces sels et consistent alors certainement en une formation transitoire du cyanure du métal primitivement combiné à l'halogène.

La démonstration indirecte de ce fait repose sur les constatations suivantes :

1° Le cyanure de sodium ne donne jamais de cyanamide par chauffage sous vide même en présence de catalyseur.

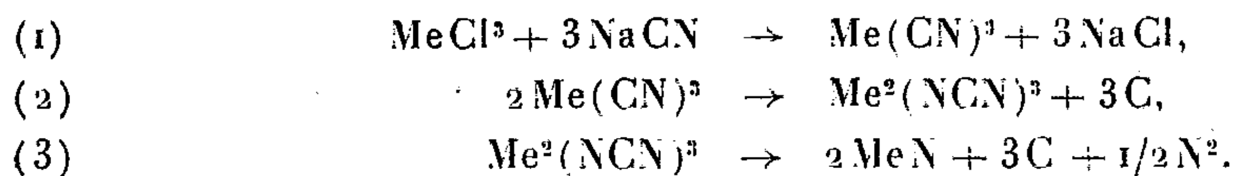
2° De nombreux cyanures anhydres [2] dont LiCN et ceux des éléments alcalino-terreux y compris zinc et cadmium se décomposent en donnant de la cyanamide dans le domaine des températures comprises entre 400 et 800° C.

Cette réaction permet d'étudier l'action dè la température sur les cyanures, dont l'obtention à l'état anhydre n'a pas encore pu être réalisée.

L'application de ces réactions de double échange au cas des éléments du groupe des terres rares nous a paru présenter l'avantage de définir non seulement le domaine d'existence de leurs cyanures, mais encore de mettre en évidence le rôle de la température sur l'affinité intramoléculaire de l'azote pour le métal dans la cyanamide. Les valeurs très élevées de la chaleur de nitruration de ces métaux font attendre une transformation en nitrure facile à provoquer de tous leurs composés non oxygénés contenant de l'azote.

Nous avons opéré avec les chlorures de lanthane, cérium et néodyme. Ces sels utilisés à l'état anhydre sont broyés avec les quantités stœchiométriques de cyanure de sodium et chauffés sous vide durant 9 heures. Nous avons opéré en présence de poudre de fer comme catalyseur et également en son absence.

Les réactions observées sont conformes aux schémas



$$(1)\qquad MeCl^3 + 3NaCN \rightarrow Me(CN)^3 + 3NaCl,$$

$$(2)\qquad 2Me(CN)^3 \rightarrow Me^2(NCN)^3 + 3C,$$

$$(3)\qquad Me^2(NCN)^3 \rightarrow 2MeN + 3C + 1/2N^2.$$

---

(1) *Comptes rendus*, 196, 1933, p. 268; 197, 1933, p. 764.

(2) *Helv. Chimica Acta*, 15, 1932, p. 1165; *Bull. Soc. Chim.*, 5e série, 3, 1936, p. 349; 5e série, 3, 1936, p. 958.

Les deux premières réactions se produisent simultanément, par contre la troisième ne devient appréciable qu'à partir d'une centaine de degrés au dessus de la température où débutent les deux autres.

Les valeurs de nos dosages de cyanamide ne correspondent pas à des états d'équilibre réversibles, mais aux états stationnaires obtenus après des durées de chauffage égales. D'ailleurs nous avons observé que la température agit beaucoup plus efficacement pour les modifier que l'augmentation du temps de chauffage. L'arrêt de la transformation dépend surtout du ralentissement de la diffusion par suite de la diminution graduelle de fluidité de la masse saline.

Nous avons obtenu les valeurs numériques suivantes :

1. *Chlorure de lanthane* (Début de réaction vers 410°C.).

Température (°C.).	$La^2(NCN)^3$ avec catalyseur (%).	Rendement (%).	$La^2(NCN)^3$ sans catalyseur (%).	Rendement (%).
450...........	10,0	20,4	–	–
500...........	26,6	52,7	17,4	34,1
550...........	17,9	35,4	–	–
600...........	7,3	14,4	9,1	18,0

2. *Chlorure de cérium* (Début de réaction vers 320°C.).

Température (°C.).	$Ce^2(NCN)^3$ avec catalyseur (%).	Rendement (%).	$Ce^2(NCN)^3$ sans catalyseur (%).	Rendement (%).
420............	17,6	34,6	0,47	0,92
500............	31,2	61,5	14	27,6
600............	15,9	31,4	–	–
650............	5,3	10,4	–	–
700............	0	0	10,2	20,0

3. *Chlorure de Néodyme.*

Température. (°C.).	$Nd^2(NCN)^3$ avec catalyseur. (%).	Rendement. (%).	$Nd^2(NCN)^3$ avec catalyseur. (%).	Rendement. (%).
350...............	1,03	2	0,2	0,41
500...............	19,1	37,2	12,2	23,5
650...............	24,5	47,7	23,6	46,1
700...............	6,4	12,5	7,7	15,0

Les trois séries de valeurs démontrent l'existence de la filiation attendue, car la teneur en nitrure (3) augmente dans la mesure où celle de la cyanamide diminue. Sa mise en évidence dès 500° se fait aisément par la mesure du volume de l'azote libéré.

---

(3) On pourrait voir dans le Mémoire de Vournasos (*Bull. Soc. Chim.*, 4e série, 9, 1911, p. 506) une antériorité dans la question de la formation des nitrures de terres

Le rôle du fer divisé, additionné aux mélanges de sels est bien de nature catalytique. En effet la vitesse de formation de la cyanamide est toujours la plus grande en sa présence et en outre cette même action se produit également dans l'évolution de $Me^2(NCN)^3$ en nitrure.

L'essentiel de cette étude est d'apporter une démonstration nette de l'instabilité des cyanamides, lorsque l'affinité du métal pour l'azote est très grande (4).

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur la précipitation du sulfate de cuivre par la soude.* Note de M. **Max Geloso** et Mlle **Éveline Giordano-Orsini**, présentée par M. Georges Urbain.

La précipitation des sels métalliques par un alcali devrait théoriquement fournir l'hydroxyde correspondant. Cependant, dans le cas des sels de cuivre en particulier, la quantité de base nécessaire pour obtenir une précipitation complète est nettement inférieure à celle qu'exigerait la formule stœchiométrique.

Nous avons analysé, par électrolyse, les précipités *partiels* obtenus en versant des quantités de soude, comprises entre 20 et 80 pour 100 de la quantité théorique, et leur avons trouvé, à 1 pour 100 près, une composition constante, correspondant à la formule SO^3, $4CuO$, xH_2O.

Le précipité serait donc le sel basique, tétracuivrique dont l'existence a été nettement mise en évidence par G. Champetier (1) et O. Binder (2).

Par contre, si l'on suit la réaction par la méthode potentiométrique, on observe, à l'air libre, des points d'inflexion (fin de réaction) qui, calculés d'après la quantité de soude versée, correspondraient à un précipité de composition SO^3, $n\,CuO$; n étant toujours un peu supérieur à 4.

---

rares à partir des cyanures. En réalité il n'en est rien, car il s'agit d'une réaction sans parenté avec celles que nous avons étudiées. La nitruration consiste ici en une action directe de l'azote cédé par le cyanure de potassium au cours de sa décomposition thermique sur le métal employé à l'état très divisé.

(4) Cette filiation cyanure et nitrure s'observe également avec les sels d'aluminium, mais nous n'avons jamais obtenu des teneurs en cyanamide d'ordre de grandeur comparable aux valeurs obtenues dans le cas de ces chlorures de terres rares.

(1) *Comptes rendus*, 194, 1932, p. 93.

(2) *Thèse*, Paris, 1935.

C'est ainsi que Britton ([3]), utilisant une électrode de cuivre, conclut de ses expériences que la nature du précipité dépend de la rapidité avec laquelle est versé l'alcali; sa composition étant toutefois très voisine de celle du sulfate tétracuivrique.

Sermage ([4]) montre que l'usage de l'électrode à quinhydrone ne convient pas à ce genre de dosage. Les potentiels sont longs à s'établir et la quinhydrone s'altère par un contact prolongé avec les sels de cuivre. Il en résulte des points d'inflexion qui semblent dépendre d'un grand nombre de facteurs, sans qu'il soit possible de préciser si ceux-ci agissent sur la réaction elle-même ou sur l'électrode indicatrice.

Devant des résultats aussi contradictoires, nous avons repris cette étude, en utilisant une électrode différente de celles employées par les précédents auteurs. Notre choix s'est porté sur l'électrode de tungstène, qui accuse un saut de potentiel très important (voisin de 200 mv) en passant d'un pH acide à un pH alcalin ([5]). Les mesures étaient suivies à l'aide d'un potentiomètre enregistreur. Nous opérions à l'air libre, la quantité de sel de cuivre à précipiter étant 0,506 mol/mg en général.

Nous avons fait varier la durée des expériences en versant chaque goutte de soude à une cadence régulière comprise entre 6 et 67 secondes. Aux erreurs d'expériences près, nous avons trouvé $n = 4,6$.

La variation de température nous a conduit, au même résultat sauf au voisinage de 0°C où le précipité est nettement plus basique. Toutefois, la composition du précipité varie quand la concentration du sulfate de cuivre est changée. En passant de 1,21 mol/mg par litre à 100,05 mol/mg par litre — le prélèvement étant dans tous les cas de 250^{cm^3} — n diminue assez régulièrement de 5,6 à 4,0.

Ainsi les contradictions observées au cours des recherches sur ce dosage ne semblent pas tenir à la nature de l'électrode. La question se pose alors de savoir si une partie de la soude versée ne serait pas utilisée à neutraliser un acide étranger, qui dans ce cas, ne pourrait être que l'acide carbonique dissous.

Or la première constante de dissociation de cet acide ($K_1 = 3,0 \times 10^{-7}$) indique un pH $= 6,52$ pour la demi-neutralisation.

Par ailleurs, il résulte de considérations théoriques et expérimentales

([3]) *Journ. Chem. Soc.*, 2, 1925, p. 148.
([4]) *Diplôme d'études supérieures*, Paris, 1933.
([5]) Holt et Kohlenberg, *Trans. Am. Electrochem. Soc.*, 57, 1930, p. 361.

que ce pH est atteint, au cours de nos expériences, lorsque 98 pour 100 environ de la soude ont été utilisés. On conçoit que le réactif puisse alors se partager entre l'acide et le sel de cuivre, ce qui entraîne un résultat erroné lorsqu'on calcule la composition du précipité d'après la quantité de soude versée.

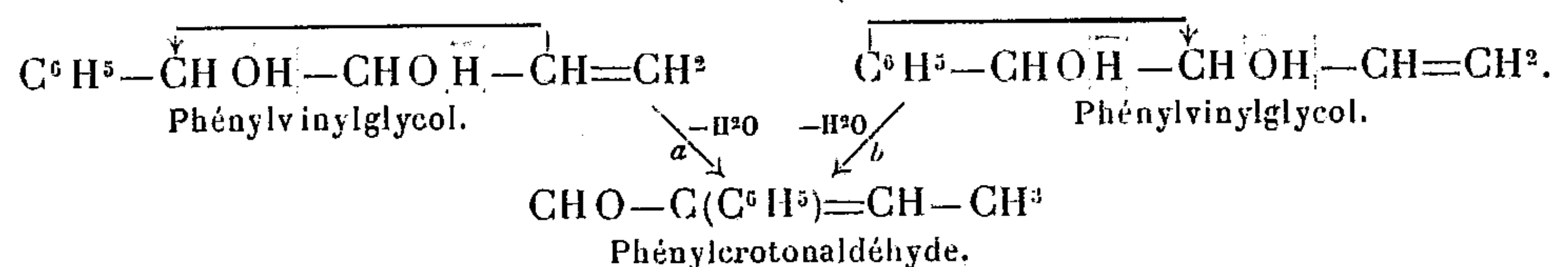
En fait, comme vérification, nous avons effectué un certain nombre de dosages potentiométriques en atmosphère décarbonatée (air purifié, oxygène, azote) et dans tous les cas, nous avons retrouvé pour n, exactement la valeur 4 correspondant au sulfate tétracuivrique.

Ce résultat exclut toute idée d'absorption par le précipité ou de réactions entre les phases solide et liquide. Il explique les anomalies qui existaient entre les résultats obtenus par les différents auteurs.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Déshydratation sulfurique du divinylglycol. Transposition du type hydrobenzoïnique avec migration du radical vinyle.* Note (¹) de M. **Marc Tiffeneau** et **Paul Weill**, présentée par M. Auguste Béhal.

La transposition hydrobenzoïnique consiste, comme on le sait, dans la formation de diarylacétaldéhydes $(Ar)^2CH-CHO$ au cours de la déshydratation des hydrobenzoïnes $Ar-CHOH-CHOH-Ar$.

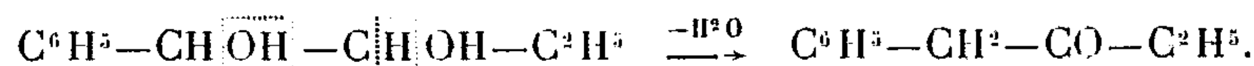
Nous avons montré (²) que l'on peut, dans cette transposition, en recourant au phénylvinylglycol, remplacer l'un des phényles par un radical vinyle, ces radicaux ayant l'un et l'autre le même caractère attracteur d'électrons :



Cette réaction est d'autant plus caractéristique du rôle joué par le radical vinyle que la même déshydratation, réalisée avec le glycol saturé correspondant, le phényléthylglycol, conduit à la formation de phényl-1-butanone-2, sans transposition (³), mais probablement par une déshydra-

(¹) Séance du 8 février 1937.
(²) Tiffeneau et Weill, *Comptes rendus*, 200, 1935, p. 1217.
(³) J. Lévy et Dvoleitzka-Gombinska, *Bull. Soc. Chim.*, 49, 1931, p. 1773.

tation du type vinylique



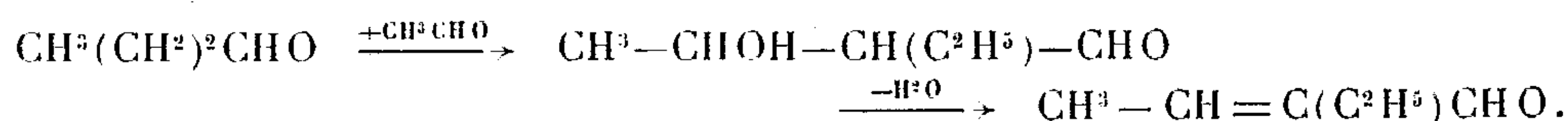
$$C^6H^5-CH\,OH-C\,H\,OH-C^2H^3 \xrightarrow{-H^2O} C^6H^5-CH^2-CO-C^2H^3.$$

Toutefois il n'a pas encore été possible de décider si, dans la déshydratation du phénylvinylglycol, l'hydroxyle éliminé est celui voisin du phényle (*a*) ou du vinyle (*b*) et par conséquent si le radical migrateur est inversement le phényle (*b*) ou le vinyle (*a*).

Avant de chercher à résoudre ce problème, il était intéressant d'étudier la déshydratation d'un glycol tel que le divinylglycol ([1]) afin de voir si les radicaux vinyle se comportent comme des phényles en orientant la réaction vers le type hydrobenzoïnique.

Nous avons constaté que, vers 100-120°, avec SO^4H^2 dilué à 50 pour 100, on obtient avec un rendement de 40 à 50 pour 100 des produits suffocants donnant les réactions des aldéhydes non saturés et distillant à la pression ordinaire entre 140°-150° avec deux points fixes l'un vers 142° (D_4^{19} : 0,905; n_D^{19} : 1,3815), l'autre vers 140° (D_4^{19} : 0,913; n_D^{19} : 1,489) ([2]). Il n'a pas été possible même en recourant aux réactifs habituels des aldéhydes (SO^3NaH, semicarbazide, etc.) d'isoler de ces diverses fractions un produit rigoureusement défini; toutefois leur réduction catalytique effectuée sur le nickel de Raney a permis d'établir la structure des aldéhydes formés. Suivant qu'on réalise cette réduction avec deux ou six atomes d'hydrogène, on isole, dans le premier cas, l'aldéhyde éthylcrotonique $CH^3-CH=C(C^2H^5)CHO$ et, dans le second, l'alcool diéthyléthylique $(C^2H^5)^2CH-CH^2OH$.

L'aldéhyde éthylcrotonique a été identifié par sa semicarbazone (F. 210°) ainsi que par son produit d'oxydation argentique, l'acide éthylcrotonique liquide. Tous deux, semicarbazone et acide, ont été comparés avec ceux fournis par le même aldéhyde (Éb. 132-134°, D_4^{17} : 0,880; n_D^{17} : 1,450) préparé synthétiquement en condensant l'éthanal et le butanal, puis en déshydratant l'aldol formé ($Éb_{20}$: 102-104°) par chauffage avec une trace d'iode



$$CH^3(CH^2)^2CHO \xrightarrow{+CH^3CHO} CH^3-CHOH-CH(C^2H^5)-CHO \xrightarrow{-H^2O} CH^3-CH=C(C^2H^5)CHO.$$

Quant à l'acide éthylcrotonique ($Éb_{15}$: 103-104°; n_D^{15} : 1,458; D_4^{15} : 0,987. Anilide F. 94°) nous l'avons identifié avec l'acide préparé par enlèvement de HBr à l'acide α bromodiéthylacétique.

L'alcool diéthyléthylique a été identifié avec un produit préparé synthétiquement, non seulement par ses constantes propres (Éb. 145-146°) et par le point de fusion de

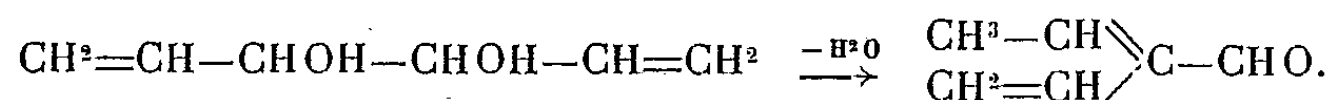
---

([1]) Par déshydratation catalytique, Urion (*Ann. Chim.* 11e série, **1**, 1934, p. 5) a obtenu le cyclopenténylformadéhyde par un mécanisme non encore élucidé.

([2]) Ces produits ne contiennent pas le cyclopenténylformaldéhyde d'Urion et ne se transforment pas en cet aldéhyde par catalyse sur Al^2O^3 à 280°.

son phtalate acide (F. 54°), mais aussi par son produit d'oxydation permanganique, l'acide diéthylacétique, dont l'amide fond à 112° (au bloc) et l'anilide à 127°,5.

Ainsi, dans sa déshydratation sulfurique, le divinylglycol dont la structure est linéaire se transforme en aldéhydes diéthyléniques dont la structure est ramifiée et parmi lesquels l'aldéhyde vinylcrotonique est prépondérant



Il y a donc eu transposition du type hydrobenzoïnique et le radical vinyle s'est comporté comme le phényle, non seulement en imposant la déshydratation suivant le mode hydrobenzoïnique, mais encore en émigrant de préférence à l'atome d'hydrogène voisin. La seule particularité à noter dans cette tranposition nouvelle est le déplacement de la double liaison dont on connaît d'ailleurs divers autres exemples dans des réactions transpositrices ([6]) ou non ([7]).

Conclusions. — Le divinylglycol, déshydraté par chauffage avec SO^4H^2 à 50 pour 100, fournit principalement l'aldéhyde vinylcrotonique par suite d'une transposition du type hydrobenzoïnique avec migration d'un des radicaux vinyle et déplacement d'une double liaison. Dans cette déshydratation transpositrice du divinylglycol, le radical vinyle se comporte exactement comme le radical phényle dans la transposition de l'hydrobenzoïne.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Synthèse d'acides aminosulfoniques, en série grasse. Introduction à leur étude électrochimique.* Note ([1]) de M. **Paul Rumpf**, présentée par M. Georges Urbain.

Depuis le travail de N. Bjerrum ([2]), on a de sérieuses raisons d'admettre ([3]) qu'au point isoélectrique, les acides sulfoniques aminés existent, dans leurs solutions aqueuses, à peu près exclusivement à l'état d'ions

---

([6]) Tiffeneau et P. Weill, *loc. cit.*

([7]) Wallach et Fleischer, *Lieb. Ann.*, 353, 1907, p. 307; Pummerer et Reindell, *Ber. d. chem. Ges.*, 66, 1933, p. 335.

([1]) Séance du 15 février 1937.

([2]) N. Bjerrum, *Z. ph. Ch.*, 104, 1923, p. 147.

([3]) Voir par exemple P. Rumpf, *La théorie de l'ion amphotère*, Paris, 1936.

amphotères, c'est-à-dire de particules qui portent des charges de signes opposés, résultant d'une double ionisation. Un titrage électrométrique à la soude fait donc reculer l'ionisation de la fonction amine et permet de mesurer la constante de dissociation K_H de l'ion ammonium correspondant.

L'étude de la taurine $H^3N^+.(CH^2)^2.SO^{3-}$ et celle des acides ortho, méta et para-aminobenzènesulfoniques avaient montré que le voisinage d'un groupement sulfo, dans la même molécule, diminue fortement la basicité des fonctions amine. Ainsi s'expliquent certaines propriétés des colorants sulfonés et notamment la réaction de Schiff (4). J'ai cherché à déterminer quantitativement cette influence entre groupements, par l'étude d'un cas particulièrement simple : celui des aminoacides gras du type $H^3N^+.(CH^2)^n.SO^{3-}$, pour *n* égal à 1, 2, 3, 5 et 10.

On obtient les acides sulfoniques, aminés en α, par action de l'ammoniaque, ou de solutions aqueuses d'amines, sur les dérivées bisulfitiques des aldéhydes (5). La meilleure synthèse de la taurine s'effectue à partir de monoéthanolamine (6). Les homologues supérieurs n'étaient guère connus. Leur préparation a fourni l'occasion de mettre au point plusieurs méthodes générales.

a. Vers 80°, les imines dont le cycle renferme 2 ou 3 carbones sont ouvertes par les solutions aqueuses d'acide sulfureux et donnent des acides β- et γ-aminoalcoylsulfoniques. Le cycle à 5 carbones ne s'ouvre pas dans les mêmes conditions.

b. J'ai répété, sur le γ-oxypropanesulfonate de sodium (préparé à partir d'alcool allylique et de bisulfite), la synthèse imaginée par Kolbe (7) pour la taurine. Le chlorure d'acide chloré $Cl.(CH^2)^3.SO^2Cl$ bout à 124-127°, sous 15^{mm}, et s'hydrolyse très difficilement; l'acide chloré correspondant fournit des dérivés aminés, par action de l'ammoniaque ou des amines, de préférence en tube scellé.

c. Les amides et les phtalimides, correspondant à des amines halogénées, se dissolvent peu à peu dans les solutions aqueuses concentrées de sulfites pour donner des amides sulfonées dont la saponification fournit les amines sulfonées, avec un rendement excellent. La ε-chloro.*n*-amylbenzamide, obtenue à partir de pipéridine (8), et la γ-bromopropylphtalimide (9) m'ont permis de préparer les acides ε-aminopentane supprimer l'intervalle sulfonique (F. 310° env.) et γ-aminopropane sulfonique (F. 292°).

Poudres blanches, bien cristallisées, très solubles dans l'eau, très peu solubles dans l'alcool.

---

(4) P. Rumpf, *Ann. de Ch.*, 11e série, 2, 1935, p. 327.

(5) H. J. Backer et H. Mulder, *Rec. trav. ch. P.-B.*, 52, 1933, p. 454; 53, 1924, p. 1120.

(6) Frank Cortese, *J. Amer. Chem. Soc.*, 58, 1936, p. 191.

(7) *Lieb. Ann.*, 122, 1862, p. 42.

(8) J. v. Braun et A. Steindorff, *Ber. d. chem. Ges.*, 38, 1905, p. 2336.

(9) S. Gabriel et J. Weiner, *Ber. d. chem. Ges.*, 21, 1888, p. 2669.

On peut ainsi obtenir d'importantes quantités d'acides aminoalcoylsulfoniques, à partir d'une imine quelconque ou de n'importe quel dibromure de polyméthylène, sans passer par l'intermédiaire des sels d'amines halogénées, souvent difficiles à purifier, ou des thiazolines dont l'oxydation par le brome s'effectue avec un faible rendement.

d. Les acides gras sulfonés en β, γ, δ, ... (préparés à partir des acides halogénés correspondants) peuvent être traités par l'acide azothydrique, vers 45°, dans l'acide sulfurique concentré, en présence de chloroforme : le carboxyle est remplacé par un groupement aminé. C'est une méthode générale de préparation des amines [10]. J'ai vérifié que l'acide β-sulfopropionique fournit ainsi de la taurine. L'acide χ-aminé, $H^3N^+.(CH^2)^{10}.SO^{3-}$, a été obtenu à partir de l'acide χ-bromoundécanoïque (F. 52°), avec un rendement de l'ordre de 45 pour 100. Peu soluble dans l'alcool et dans l'eau froide. F. déc. 340° env., au bloc.

Pour le titrage, j'ai utilisé une électrode de verre qui fonctionnait correctement en milieu alcalin, des solutions décinormales d'aminoacides, et de la soude normale (sauf dans le cas du dérivé en C^{10}, trop peu soluble, étudié en solution N/500).

La facilité de cyclisation des composés pentaméthyléniques permettait d'envisager, dans les solutions aqueuses d'acide ε-aminopentanesulfonique, la possibilité d'un rapprochement des groupements ionisés et une influence électrochimique mutuelle particulièrement nette. Il n'en est rien : la sulfamide se comporte comme un monoacide fort; la basicité des groupements $-NH^2$ se manifeste déjà en α, et augmente régulièrement lorsque croît le nombre des $-CH^2-$ intercalaires, pour dépasser même très vite la basicité de l'ammoniac ($-\log K_H = 9{,}27$), et celle des amines grasses primaires (10,6 environ). Les valeurs trouvées suivent approximativement la relation linéaire empirique de Mac Innes

$$-\log K_H = -\log K_{H_\infty} - \frac{C}{d},$$

d étant le nombre de $-CH^2-$. La constante C est ici très élevée, supérieure à 6 unités; $-\log K_{H_\infty}$ est voisin de 12.

Si l'on passe de l'aniline ($-\log K_H = 4{,}65$) à l'acide phénylaminométhanesulfonique, la basicité de la fonction amine disparaît presque complètement, comme je l'avais indiqué au cours d'un précédent travail [10].

Seuls les acides α-aminosulfoniques qui dérivent du formol sont assez

---

([10]) M. Oesterlin, *Z. f. angew. Ch.*, 45, 1932, p. 536.

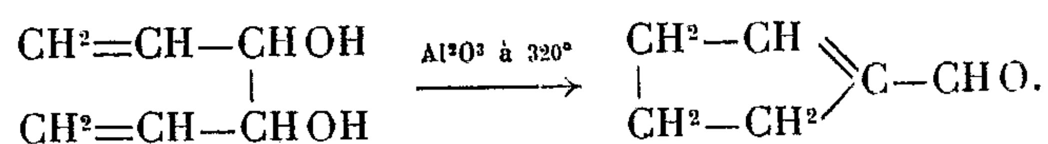
stables pour se prêter à un titrage potentiométrique précis. Même dans ce cas, au dessus de pH 5,5, l'acide complexe se décompose, plus ou moins vite, en aldéhyde, amine et acide sulfureux. Le pH du milieu s'élève. On atteint, après quelques minutes, le second palier de dissociation de l'acide sulfureux (vers pH 7); cet acide réagit ensuite lentement avec l'aldéhyde libéré.

	$H^3N^+.(CH^2)^n.SO^{3-}$.					
n.	0.	1.	2.	3.	5.	10.
— log K_H....	vers 1	5,75 (±0,05)	9,20	10,05	10,95	11,35 (±0,2)

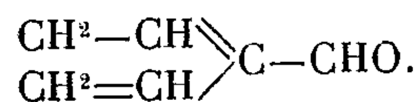
	$H^3N^+.CH(CH^3).SO^{3-}$.	$C^6H^5.NH^{2+}.CH^2.SO^{3-}$.
— log K_H..........	5,8 environ	1,4 environ

CHIMIE ORGANIQUE. — *Déshydratation catalytique et acide du divinylglycol.* Note de MM. **Edmond Urion** et **Ernest Baum**, présentée par M. Robert Lespieau.

L'un de nous a montré [1] que la déshydratation du divinylglycol par catalyse sur alumine à 320° conduit à un aldéhyde cyclique non saturé, le cyclopenténylformaldéhyde (semi-carbazone, F. 209°), avec un rendement de 62 pour 100 par rapport au glycol. Cette curieuse réaction a été interprêtée comme résultat de la cyclisation d'un glycol vinylique isomère, intermédiairement formé



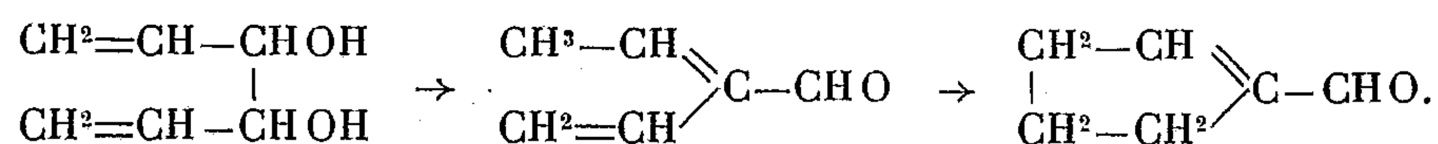
MM. Tiffeneau et Weill, reprenant la déshydratation de ce même glycol en le chauffant avec l'acide sulfurique à 50 pour 100, ont obtenu, à la suite d'une transposition hydrobenzoïnique, des produits aldéhydiques où domine l'aldéhyde vinylisocrotonique



Ils ont émis l'hypothèse que cet aldéhyde devait représenter un stade intermédiaire dans la déshydratation catalytique, dont le mécanisme

(1) Urion, *Comptes rendus*, **190**, 1930, p. 1512, et *Ann. Chim.*, 2ᵉ série, **1**, 1934, p. 5.

consisterait alors en une transposition hydrobenzoïnique [2]



Nous avons entrepris, sans succès, de vérifier expérimentalement cette hypothèse. Suivant la méthode indiquée par MM. Tiffeneau et Weill, nous avons préparé le mélange d'aldéhydes riche en aldéhyde vinylisocrotonique et nous l'avons fait passer lentement sur alumine à 320°. Le produit recueilli s'est révélé non transformé. L'identité avec le produit de départ a été établie par une étude comparative des semicarbazones qui en dérivent respectivement. Toutes deux, après recristallisations dans l'alcool, présentent un point de fusion instantané au bloc Maquenne à 170°, et il n'y a pas d'abaissement lors du mélange.

Les mécanismes de déshydratation dans les deux cas semblent donc différents. Nous avons envisagé successivement plusieurs explications possibles dans ces processus différents :

1° La déshydratation par les acides concentrés doit se faire par cracking des esters.

Par contre la déshydratation par ébullition avec les acides étendus doit correspondre à une catalyse par les ions H^+, ce qui la rapprocherait de la déshydratation catalytique sur alumine.

Cette façon de voir était appuyée par l'étude de la déshydratation de glycols secondaires-tertiaires due à MM. Tiffeneau et Orékhoff : l'acide sulfurique étendu et chaud élimine l'hydroxyle tertiaire, le plus mobile c'est-à-dire facile à ioniser, tandis que l'acide concentré déshydrate par enlèvement de l'oxhydrile secondaire, le plus facile à éthérifier [3].

Nous espérions donc, grâce à l'acide sulfurique étendu à 2 pour 100 pris à l'ébullition, transformer le divinylglycol en aldéhyde cyclique, comme sur alumine.

Nous avons établi expérimentalement que la déshydratation par un acide concentré, consiste bien en cracking d'un ester. Dans le cas de l'acide formique, on isole en effet un mélange de mono et de diformine du divinylglycol, contenant une forte proportion de monoformine.

Par contre l'ébullition avec l'acide sulfurique étendu à 5 pour 100 ou à 2 pour 100 conduit avec un faible rendement à l'aldéhyde vinylisocroto-

---

(2) Tiffeneau, *Bull. Soc. Chim.*, 5e série, 3, 1936, p. 1968.

(3) Tiffeneau et Orékhoff, *Bull. Soc. Chim.*, 4e série, 49, 1931, p. 1638 et suiv.

nique seulement, caractérisé par sa semicarbazone fondant à 170°; c'est-à-dire qu'on obtient le même résultat qu'avec l'acide plus concentré.

2° Cette première explication ayant échoué, nous avons envisagé l'influence de la température sur la nature du produit déshydraté :

Nos expériences ont été positives et nous ont permis de conclure : la déshydratation réalisée à température relativement basse, inférieure à 200° par exemple, conduit à l'aldéhyde vinylisocrotonique; à température supérieure à 200° on obtient l'aldéhyde cyclopenténique, et ceci quel que soit le réactif employé.

C'est ainsi que, par chauffage rapide du divinylglycol avec l'acide sulfurique à 8-10 pour 100 en tube scellé et vers 200-210°, on obtient un liquide goudronneux d'où l'on retire par entraînement à la vapeur d'eau une faible quantité d'huile à réaction aldéhydique, et dont la semicarbazone, purifiée par cristallisation, fond à 209°. Le mélange avec un échantillon de semicarbazone obtenue à partir de l'aldéhyde cyclopenténylformique ne présente pas d'abaissement de point de fusion.

D'autre part la formine préparée au préalable et isolée par distillation a été crackée par passage sur pierre ponce à 300-320°. Une des fractions extraites du produit de réaction donne la même semi-carbazone F : 209°.

Pour compléter cette recherche nous avons essayé de déshydrater catalytiquement le glycol sur alumine, mais à une température inférieure à 200°, espérant pouvoir caractériser parmi les produits de transformation l'aldéhyde vinylisocrotonique. Mais l'essai a échoué : dans ces conditions de température le rendement de la déshydratation est pratiquement nul, même lorsqu'on la réalise sous une pression très réduite, de 7^{mm} à 8^{mm} de Hg.

En somme on peut penser que l'aldéhyde vinylisocrotonique qui s'obtient à partir du glycol à température relativement basse représente son produit normal de déshydratation. Quant à l'aldéhyde cyclique, il est logique d'admettre qu'il résulte de la déshydratation d'un glycol isomère intermédiairement formé par effet thermique, ce qui correspond à l'interprétation déjà donnée par l'un de nous.

Nos recherches actuelles ont pour but de préciser davantage la nature de ce glycol intermédiaire.

MINÉRALOGIE. — *Courbes de dispersion des pouvoirs réflecteurs de quelques tellurures naturels.* Note [1] de M. **R. Martin.**

M. P. Fastré [2] a déterminé précédemment les pouvoirs réflecteurs de quelques tellurures naturels pour trois longueurs d'onde seulement $465^{m\mu}$, $527^{m\mu}$ et $589^{m\mu}$, par la méthode photoélectrique de M. J. Orcel [3]. J'ai repris l'étude des échantillons examinés par M. Fastré, à l'aide d'un dispositif quelque peu modifié, en vue d'étendre les courbes de dispersion des pouvoirs réflecteurs de ces minerais vers les grandes longueurs d'onde. D'autre part j'ai pu accroître la sécurité des mesures en cherchant à éliminer toutes les causes d'instabilité.

Les modifications apportées à l'appareil de mesure sont les suivantes :

1° la lampe amplificatrice est une triode Philips (n° 4060), alimentée sous une tension plaque de 10 V; la caractéristique de plaque présente une partie rectiligne pour des tensions de grille allant de — 0,6 V à 0 V; le coefficient d'amplication obtenu est d'environ 220;

2° la cellule photo-électrique est une cellule Philips à vide poussé, à alliage de cæsium, d'une sensibilité de 20 μ A/Lm.

L'isolement des circuits a été particulièrement soigné, principalement le tronçon reliant la cellule à la grille de la triode. L'isolant employé est le soufre. L'atmosphère de la cage de l'amplicateur est desséchée à l'aide de P^2O^5.

Les mesures ont été effectuées conformément aux indications de M. Orcel [3]; en particulier, la direction de la vibration incidente était toujours parallèle au plan de symétrie du prisme de l'illuminateur. La proportionnalité des déviations aux flux a été vérifiée avant chaque série de mesures en appliquant la loi de Malus :

$$I_t = K \cos^2 \alpha.$$

I_t étant intensité de la lumière qui a traversé l'analyseur du microscope, et α l'angle compris entre la direction de la vibration rectiligne réfléchie par un minéral isotrope peu absorbant et la direction de la section principale de l'analyseur du microscope; K est une constante.

(1) Séance du 15 février 1937.

(2) *Comptes rendus*, 196, 1913, p. 630.

(3) *Comptes rendus*, 185, 1927, p. 1055-1057; *Bull. Soc. fr. Min.*, 53, 1930, p. 326.

Résultats. — Le silicium a été utilisé comme étalon secondaire pour les tellurures. J'ai déterminé à nouveau sa courbe de dispersion, en utilisant la blende comme étalon primaire; l'objectif avait un grossissement de 13. La courbe obtenue diffère quelque peu de celle qui a été publiée par M. J. Orcel ([4]), mais l'écart maximum qui s'observe dans le bleu et le violet n'excède pas 5 pour 100 en valeur relative.

En partant de ces nouvelles données, j'ai obtenu les résultats indiqués dans le tableau ci-dessous; pour les tellurures anisotropes j'ai noté les valeurs extrêmes du pouvoir réflecteur; pour la hessite les chiffres correspondent à une moyenne statistique ([5]). L'objectif employé avait un grossissement propre de 41. On peut admettre que ces valeurs sont déterminées avec une limite d'erreur relative de 2 pour 100.

On voit d'après ces résultats que la petzite, la coloradoïte, et la nagyagite présentent la dispersion normale; la dispersion est anormale pour la calavérite et la sylvanite. Quant à la hessite, son pouvoir réflecteur est sensiblement le même pour toutes les longueurs d'onde.

λ (mμ).		440.	480.	520.	560.	600.	640.	680.	720.
Silicium		45,5	41,3	39,0	37,6	36,5	35,6	34,7	33,8
Petzite		43,0	41,3	40,1	39,0	38,0	37,3	36,8	36,4
Coloradoïte		39,9	39,3	38,7	38,1	37,4	36,6	35,8	35,0
Nagyagite	R_g	49,2	46,6	44,9	43,4	42,1	40,7	39,4	38,0
	R_p	43,1	42,0	41,1	40,3	39,4	38,5	37,7	36,8
Sylvanite	R_g	61,9	62,6	63,2	63,9	64,6	65,1	65,5	65,8
	R_p	57,2	58,0	58,9	59,7	60,5	61,2	61,8	62,2
Calavérite	R_g	65,3	66,9	68,2	69,2	70,0	70,0	71,0	71,3
	R_p	57,8	60,3	62,4	63,8	64,4	65,5	66,0	66,3
Hessite (R moy.)		41,5	41,5	41,5	41,5	41,5	41,4	41,3	41,0

MINÉRALOGIE. — *Diffusion sous l'influence de la chaleur de la matière colorante dans les cristaux d'acide phtalique colorés artificiellement.* Note de M. **Paul Gaubert.**

Le bleu d'indophénol, passant dans les cristaux de pipéronal ([1]), obtenus par solidification du magma coloré, peut s'y trouver à l'état de solution

([4]) *Arch. Muséum*, vol. tricent., 6e série, **12**, 1935, p. 182.

([5]) *Comptes rendus*, **196**, 1933, p. 630.

([1]) P. Gaubert, *Comptes rendus*, **172**, 1921, p. 1299.

solide, définie comme je l'ai indiqué autrefois ([2]). Des secteurs de ces cristaux convenablement orientés ont une teinte rouge violacé disparaissant rapidement par suite de la séparation de la matière colorante, sous forme d'inclusions cristallines ayant la même orientation.

Le but de cette Note est de faire connaître un phénomène du même genre, avec cette différence qu'il se produit par élévation de la température.

Les cristaux d'acide phtalique peuvent se colorer pendant leur formation par plusieurs substances organiques ajoutées à l'eau mère ([3]). Obtenus d'une solution bouillante, refroidie à la température ordinaire, ils se présentent en belles lames aplaties suivant $g^1(010)$.

Chauffés sur la platine du microscope, il est facile de suivre les modifications à mesure que la température s'élève. Le mieux est de prendre des lames dont l'épaissseur ne dépasse pas un demi-millimètre et de choisir les plages sans inclusions.

A partir de 120°, il peut se produire des clivages (212) se manifestant par des traits fins sur la face $g^1(010)$. A partir de 150° environ, il se forme :

1° Des inclusions elliptiques, fusiformes ou en bâtonnets, dont l'allongement est parallèle à la trace du clivage (212) sur (010). Elles sont constituées par la matière colorante ayant diffusé dans le cristal et qui se trouve maintenant à l'état amorphe. Elles sont par conséquent beaucoup plus colorées que le cristal examiné en lumière naturelle. Ces inclusions sont plus ou moins nombreuses suivant la quantité du colorant se trouvant dans le cristal; leurs dimensions toujours faibles au début (quelques μ) et leur nombre augmentent à mesure que la température s'élève et aussi avec le temps de chauffe.

2° Des plages plus ou moins régulières, dont le contour dépend des accidents de la surface et de l'intérieur du cristal; plus colorées que ce dernier, elles sont beaucoup plus grandes que les inclusions, mais leur surface dépasse rarement 1/10° de millimètre carré.

La matière colorante sortie par diffusion du réseau cristallin se trouve à l'état amorphe et, avec les substances dont le point de fusion est plus bas

---

([2]) *Comptes rendus*, **167**, 1918, p. 491, et *Revue générale des Sciences*, **37**, 1926, p. 357.

([3]) P. Gaubert, *Comptes rendus*, **142**, 1905, p. 286, et *Bull. Société fr. de Min.*, **28**, 1905, p. 286.

que celui de l'acide phtalique, rouge de méthyle, 165°, vert malachite (oxalate) 158°, il est facile de voir qu'elles sont liquides aussi bien dans les petites inclusions que dans les plages. Il est à remarquer que la diffusion, du moins celle des colorants que j'ai étudiés, rouge de méthyle, rhodamine, fuchsines, safranine, brun Bismark, bleu de méthylène, vert malachite, etc., ne paraît pas liée à leur point de fusion. Le cristal d'acide phtalique seul règle le phénomène et cependant son réseau doit peu se modifier sous l'influence de la chaleur, puisque ses propriétés optiques varient faiblement sous l'action de cette dernière.

Le cristal étant chauffé au voisinage de 175° et ensuite refroidi, le rouge de méthyle des inclusions se solidifie en donnant des cristaux ayant la même orientation.

Dans les plages formées par le même colorant, il se produit, aussi par refroidissement, de petits cristaux prismatiques souvent isolés, ayant la même orientation. Quelquefois, il se forme une autre série de petits cristaux allongés suivant la trace du clivage (212) sur g^1 (010). La diffusion se fait donc comme dans les cristaux de phloroglucine que j'ai étudiés (¹) mais avec cette différence que la matière colorante, à la suite du refroidissement repasse ici dans le réseau du cristal, au lieu de rester isolée.

Par suite de la diffusion partielle de la matière colorante, la teinte des cristaux d'acide phtalique se modifie entraînant un affaiblissement de la fluorescence provoquée par les rayons ultra violets. Le fait est facile à constater avec les cristaux colorés par la rhodamine.

Dans les cristaux chauffés, les matières colorantes n'ont pas le même degré de stabilité, ainsi le rouge de méthyle s'altère alors que le vert malachite est intact, aussi les cristaux contenant les deux substances, chauffés à 190° ne présentent surtout que la teinte verte.

Il résulte des observations qui précèdent qu'un cristal d'acide phtalique convenablement chauffé et refroidi peut présenter en même temps les caractères d'une solution solide, et ceux d'une syncristallisation de deux substances différentes. Ceux qui sont colorés par le rouge de méthyle mettent le fait en évidence.

Cette diffusion, suivie de solidification, a un grand intérêt au point de vue minéralogique; elle permet en effet, d'expliquer la présence d'inclusions très fines et orientées dans les cristaux naturels : hypersthène, diallage, labrador et leur schillérisation.

(¹) P. GAUBERT, *Comptes rendus*, 200, 1935, p. 1120.

PÉTROGRAPHIE. — *La thermoluminescence de certaines roches cristallophylliennes et éruptives d'Algérie.* Note (1) de M. **Louis Royer.**

1. Dans la partie du littoral algérien comprise entre le méridien de Cherchel et celui de Bône, on voit affleurer des roches cristallophylliennes et éruptives réparties en massifs et formant une bande discontinue de direction ouest-est. Les principaux massifs sont ceux d'Alger, du Djebel Arous près de Ménerville, de la Grande Kabylie, de la Kabylie de Collo, de Philippeville, du Filfila et de l'Edough.

Parmi les schistes cristallins on trouve essentiellement des phyllades, des schistes satinés, des micaschistes, des amphibolites, des gneiss, des gneiss granulitiques et des cipolins; toutes ces roches sont traversées par des filons de pegmatites, d'aplites et de quartz. Les roches éruptives comprennent surtout des granites et microgranites, tels que ceux de Ménerville, de Collo, du Filfila et de l'Edough ainsi que des roches volcaniques constituées en majeure partie par des rhyolites, des dacites et des andésites.

Or plusieurs auteurs ont fait remarquer que dans leurs termes les plus métamorphiques, micaschistes et gneiss, les roches cristallophylliennes de cette région ont des compositions minéralogique et chimique très voisines de celles des roches éruptives qui affleurent dans leurs voisinages.

Ainsi le gneiss du massif d'Alger a les mêmes paramètres magmatiques que les rhyolites du Djebel Arous; certains gneiss de la Kabylie de Collo sont quasi identiques aux roches intrusives acides que l'on trouve dans leur proximité immédiate (2).

Mais si gneiss et granites présentent souvent dans cette partie du littoral algérien un *air de famille* tel qu'ils tendent à se confondre, il y a néanmoins une propriété qui établit une différence tranchée entre eux : c'est la thermoluminescence.

2. En effet, toute une série de roches cristallophylliennes de cette région émettent une luminescence intense quand on les chauffe, tandis que les roches éruptives ne donnent dans les mêmes conditions soit aucune luminescence, soit une luminescence très faible et de teinte différente.

---

(1) Séance du 15 février 1937.

(2) M. Roubault, *Bulletin du service de la Carte Géologique de l'Algérie*, 2e série, n° 10, 1934, p. 238.

Sans entrer dans des détails expérimentaux, je signalerai que, parmi les roches cristallophylliennes autres que les cipolins, seules celles qui contiennent de l'orthose émettent une thermoluminescence verdâtre ; la thermoluminescence dans ces roches semble liée à la présence d'orthose.

On observe cette thermoluminescence verdâtre dans les gneiss de la Grande Kabylie, de la Forêt d'El Maïda, de Bône, de l'Edough, du Filfila, dans les gneiss granitiques du Fort Bab-Azoun, dans la granulite du Cap Blanc, dans les micachistes de la Bouzaréah près d'Alger. C'est une propriété constante des roches cristallophylliennes à orthose de la zone définie ci-dessus.

On retrouve cette même thermoluminescence dans les filons de pegmatites qui traversent ces roches métamorphiques.

Cette thermoluminescence des gneiss et pegmatites subsiste avec la même intensité après que l'on a traité la roche réduite en poudre par l'acide nitrique fumant pendant plusieurs heures ; il est donc évident que l'on ne saurait imputer cette luminescence à des impuretés organiques déposées par les eaux qui circulent dans la roche.

Les amphibolites, les schistes satinés et les phyllades qui normalement ne renferment pas d'orthose sont dépourvus de toute thermoluminescence.

En ce qui concerne les cipolins, ils occupent une place à part. M. A. Lambert (³) a signalé la thermoluminescence d'échantillons de cipolins des environs de Fort-National. J'ai observé que cette thermoluminescence jaune-orangée ou jaune-or intense est une propriété commune à tous les cipolins de la région en étude; on la retrouve également dans les marbres du Filfila; elle est très marquée dans les calcaires métamorphisés par le granite du Filfila.

3. Parmi les roches éruptives, le granite de Ménerville est dépourvu de toute thermoluminescence, même au contact des gneiss. Les granites de Collo et de l'Edough donnent une thermoluminescence extrêmement faible; les granites du Filfila et d'El Milia possèdent une thermoluminescence un peu plus forte dans des tons bleuâtres, donc de teinte différente de celle des roches métamorphiques. La dacite du Cap Blanc donne également une thermoluminescence très faible.

En résumé, la thermoluminescence permet de différencier dans ce complexe de roches silicatées acides du littoral algérien ce qui est cristallophyllien de ce qui est éruptif.

(³) *Bull. Soc. Histoire naturelle de l'Afrique du Nord*, 26, 1935, p. 68.

On admet qu'en général l'intensité de la thermoluminescence d'un minéral croît avec son âge. Aussi la grande intensité de la thermoluminescence des roches métamorphiques du littoral algérien fournit un nouvel argument en faveur de l'âge très ancien des terrains constitués par ces gneiss.

GÉOLOGIE. — *La série cambrienne et silurienne du Léon (Espagne).* Note de M. **Pierre Comte**, présentée par M. Lucien Cayeux.

En 1860, J. Barrande et E. de Verneuil [1] décrivaient des fossiles cambriens découverts par Casiano de Prado dans la chaîne cantabrique en Léon. Vers la même époque, Casiano de Prado [2] et L. Monreal [3] signalaient des schistes à graptolites aux confins du Bierzo. Ces données paléontologiques m'ont incité à entreprendre l'étude détaillée des formations cambriennes et siluriennes du Léon, en vue d'en établir la succession. Les coupes prises principalement dans les hautes vallées du rio Esla et de ses tributaires conduisent à la série suivante :

1° Calcaires de Lancara. — Griotte rouge (15 à 30^{m}). Il renferme la plus riche faune cambrienne de la péninsule : *Paradoxides Pradoanus* Barr. Vern., *Agraulos ceticephalus* Barr., *Ctenocephalus coronatus* Barr., *Conocoryphe Ribeiro* Barr. Vern., *C. Heberti* Berg. Mun-Chalm., *Agnostus* sp., *Stenotheca rugosa* Walc., *S. cantabrica* Barr. Vern., *Eoorthis primordialis* Barr. Vern., *Nisusia vaticina* Salt., *Billingsella Pellico* Barr. Vern., *B. penæ* Samp., *Acrothele primæva* Barr. Vern., *Obolella Barrandei* Walc., *O. leonensis* Samp., *Trochocystites bohemicus* Barr. [4]. Cette faune est typiquement *acadienne*. Les couches rouges sont généralement précédées de calcaires cristallins. En quelques localités, près de Boñar en particulier, les formations sous-jacentes (50 à 60^{m} visibles) ne sont pas métamorphisées : ce sont alors des calcaires dolomitiques présentant parfois des traces d'organismes.

---

(1) *Bull. Soc. géol. Fr.*, 2e série, 17, 1860, p. 526-554.

(2) *Ibid.*, p. 516.

(3) *Bol. com. mapa. géol. Esp.*, 5, 1878, p. 204.

(4) Aux fossiles de Casiano de Prado, il convient d'ajouter ceux recueillis sous la direction de L. Mallada et réunis à l'Institut géologique de Madrid. On trouvera à ce sujet une mise au point de P. H. Sampelayo dans *El sistema cambriano* (*Expl. del nuevo mapa geolog. de España*, Madrid, 1934). J'avais eu l'occasion de revoir cette collection qui présentait des fossiles remarquables.

2° SCHISTES ET GRÈS D'OVILLE (100 à 220m). — Schistes argileux verdâtres, micacés ou gréseux. Dans leur partie moyenne j'ai reconnu : *Paradoxides Barrandei* Barrois, *Ctenocephalus Castroi* Barrois, *Conocoryphe Ribeiro* Barr. Vern., Trilobite (nov. gen.), *Trochocystites bohemicus* ? Barr., *Scolithus linearis* Hall. La partie supérieure de ces schistes passe à des grès et des quartzites micacés en plaquettes renfermant, outre des *Scolithes*, *Lingulella Heberti* Barrois, dans les derniers bancs. Des sills de *dolérite* viennent souvent s'intercaler vers le sommet du complexe. La faune prouve qu'une grande partie des *schistes* et *grès d'Oville* est encore *acadienne;* seules les assises supérieures peuvent être attribuées au *Potsdamien*.

3° QUARTZITES DE BARRIOS (200 à 300m). — Quartzites blancs en bancs épais. Près de la base on rencontre parfois des lits de roches *pyroclastiques;* elles ne semblent pas avoir de relation avec les *dolérites* précédentes qui paraissent notablement plus basiques. Dans les quartzites, pas d'autres traces organiques que des *bilobites* et de rares *scolithes*. Cette formation, par sa position, doit être considérée comme *ordovicienne*.

4° SCHISTES DU FORMIGOSO (60 à 100m). — Schistes noirs fins légèrement micacés parfois ampéliteux. Dans les assises inférieures j'ai trouvé un niveau fossilifère contenant : *Monograptus jaculum* Lapw., *M. concinnus* Lapw., *M. peregrinus* Barr., *M. regularis* Törn., *M. circularis* Ell. Wood., *M. runcinatus* Lapw., *M. variabilis* Pern., *M. nodifer* Törn., *M.* cf. *Becki* Barr., *M.* cf. *limatulus* Törn., *Glyptograptus tamariscus* var. *incertus* Ell. Wood., tous graptolites du *Valentian* (zones 19 à 23).

5° GRÈS DE SAN PEDRO (120 à 180m). — Quartzites bruns en plaquettes, puis grès ferrugineux rouges en bancs réguliers. Au sommet, riche faune *gédinnienne* à *Spirifer Mercuri* Gossel. et *Homanolotus Rœmeri* de Kon. La partie inférieure de ces grès et les *schistes du Formigoso* doivent être rapportés au *Gothlandien* (5).

Cette succession ressemble assez à celle que donnent L. Mallada et L. Buitrago (6) à propos de la région de la Peña Manteca (Asturies). Mais c'est surtout à la série établie par Ch. Barrois (7) dans le nord-ouest des Asturies et en Galicie qu'il est instructif de se reporter en vue des comparaisons. Les *calcaires* cristallins azoïques de *Vegadeo* (8) sont l'équivalent des *calcaires de Lancara*, le changement de faciès peut d'ailleurs se

(5) PIERRE COMTE, *Comptes rendus*, 198, 1934, p. 1164, et 202, 1936, p. 337.
(6) *Bol. com. mapa géol. Esp.*, 5, 1878, p. 177-194.
(7) *Mém. Soc. Géol. Nord*, II, 1, 1882, p. 408-439.
(8) Anciennement, *Vega de Ribadeo*.

suivre dans la région sud-ouest des Asturies. Les *schistes de Vegadeo* ([2]) et de *Puente Radical* sont identiques comme faune et comme faciès à ceux d'*Oville*. Les *grès de Cabo-Busto* et les *quartzites de Barrios* se correspondent en majeure partie. Mais, tandis que dans des schistes, à la suite de ces formations gréseuses, une faune ordovicienne est bien représentée dans les Asturies, elle manque en Léon où, par contre, on trouve un peu plus haut une faune de graptolites gothlandiens qui fait défaut dans les Asturies, un faciès ampéliteux indique cependant ici le niveau probable où se situeraient ces graptolites. Dans l'une et l'autre des provinces en question, le Silurien se termine par des grès ferrugineux : *grès de Furada* dans les Asturies, *grès de san Pedro* en Léon. Ainsi, loin de se contredire, les données apportées par l'étude des deux versants s'accordent et se complètent : elles permettent de se faire une idée générale du Primaire ancien de la chaîne cantabrique.

GÉOLOGIE. — *Sur la géologie de la Moyenne Moulouya et de la terminaison orientale du Haut-Atlas.* Note ([1]) de M. **Georges Choubert**, présentée par M. Charles Jacob.

J'étudie depuis trois ans la géologie de la Moyenne Moulouya, des Hauts-Plateaux voisins et du Haut-Atlas oriental. Ce vaste secteur comprend plusieurs régions naturelles, déjà connues en gros, mais dont j'ai pu préciser l'allure, les détails structuraux (*fig.* 1) et surtout la stratigraphie.

1° Au Sud-Est de la retombée de l'édifice du Moyen-Atlas s'ouvre le vaste *bassin de la Moyenne Moulouya,* depuis longtemps connu, comblé de dépôts continentaux tertiaires.

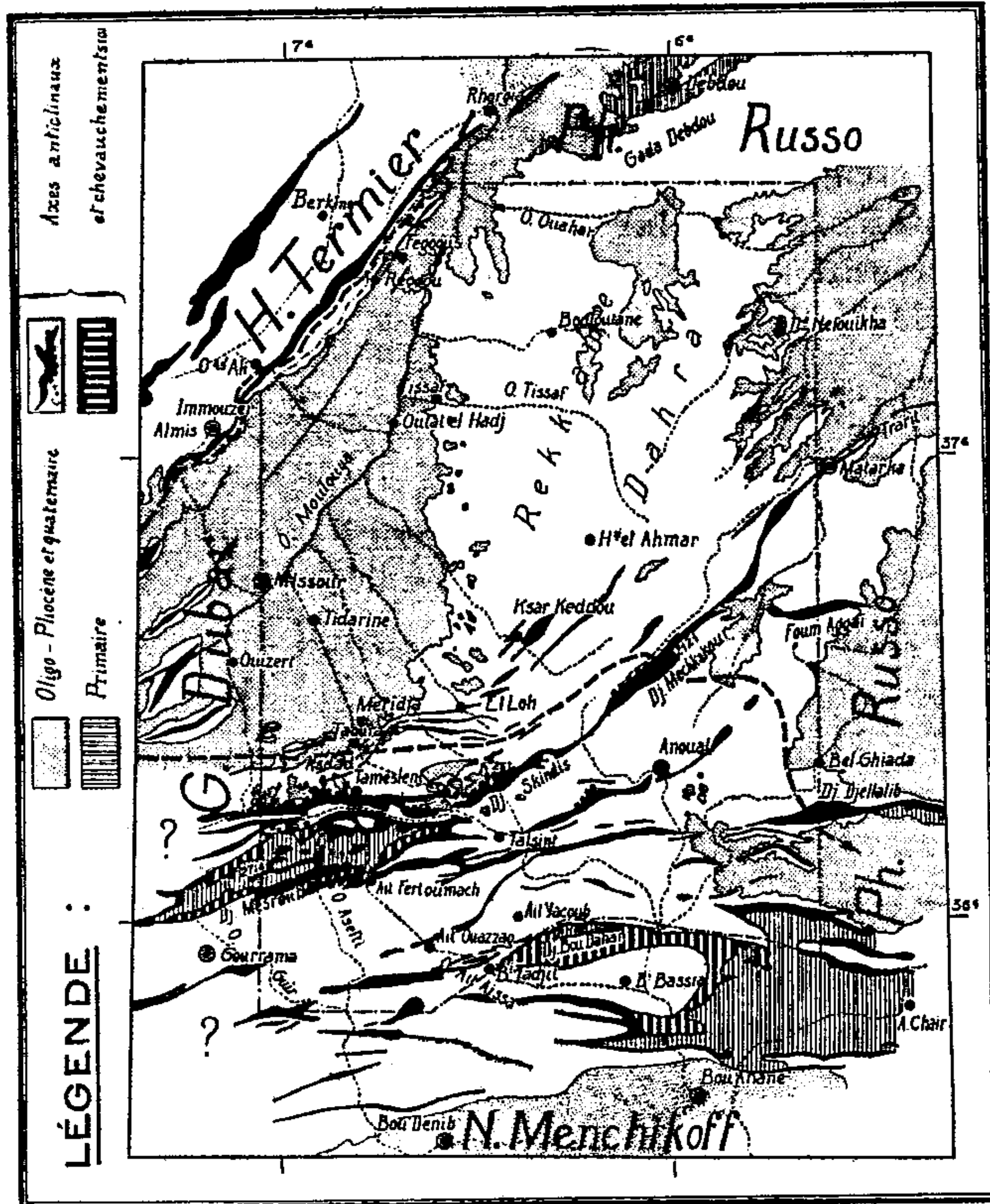
2° De ces dépôts émerge à l'Est et au Sud-Est un pays à topographie confuse et heurtée : le Rekkame. Constitué d'assises d'âge crétacé au Sud et au Sud-Ouest, jurassique moyen au Nord et à l'Est, le Rekkame passe progressivement au Nord à l'immense dalle à peine inclinée de la Gada de Debdou. Il est caractérisé par une série de dômes et cuvettes d'allure hésitante, alternant avec des régions tabulaires.

3° Par atténuation de ses gauchissements et élévation de la cote moyenne du pays, le Rekkame passe, à l'Est, à la Dahra qui fait déjà partie des Hauts-Plateaux du Maroc oriental. Bajociennes à l'Ouest, liasiques à l'Est, les collines adoucies de la Dahra s'ennoient sous les dépôts continentaux tertiaires et quaternaires de Berguent-Tendrara.

([1]) Séance du 15 février 1937.

4° Ces trois régions sont bordées au Sud par le Haut-Atlas qui peut être subdivisé en :

a. Une zone de *plis marginaux ou satellites du Nord* constituée d'anticlinaux simples, réduits, souvent déversés vers le Sud. Ils affectent le Crétacé. Leurs axes montrent le Dogger.



Le secteur levé par l'auteur est délimité par le cadre en trait-point. Les accidents ont été reliés à ceux des régions avoisinantes d'après les travaux des géologues dont les noms figurent sur ce schéma.

b. La *crête majeure du Haut-Atlas*. Elle prolonge vers l'Est le massif de l'Ayachi (3751^{m}) et s'abaisse progressivement au Skindis (2167^{m}) et au Mechkakour (2121^{m}). On sait qu'elle se coude en baïonnette selon le tracé Skindis-Matarka et se continue ensuite par la crête des Trarit étudiés par M. Russo. Son versant Nord est assez abrupt. J'y ai observé localement des chevauchements atteignant 3^{km} (Asdad-Tameslent) mesurés par un témoin liasique indubitable qui repose sur le Crétacé. Ailleurs, j'ai mis en évidence des empilements d'écailles (Tameslent-Mazzer, Skindis) de faible extension, inclinées à $\pm$ 45°. Au delà de Mechkakour le style devient plus tranquille et passe au chaînon droit, étroit et surbaissé des Trarit.

c. La *zone des plis de couverture sud-atlasiques*, large de 65^{km}–70^{km}, s'étale du Sud de la couverture crétacée de l'Atlas appelée *muraille saharienne*. Elle est affectée de

plis aigus droits, parfois déversés vers le Sud, dont le style est identique à celui décrit par MM. Fallot et Roch sur la transversale de Ksar-es-Souk-Midelt. Le schéma ci-joint précise leur tracé et leur évolution vers l'Est.

A part le vaste anticlinal de Bou Dahar-Ain Chaïr et celui du Djebel Mesrouh-Tarfafa, où le Primaire est largement représenté, ces plissements n'intéressent que la couverture jurassique du Haut-Atlas : les anticlinaux aigus de Lias ne laissent voir à leur centre que des terrains rouges et des basaltes, attribués au Trias; ils sont séparés par de larges synclinaux plats de Lias supérieur et de Dogger.

Ces plis sud atlasiques demeurent dans l'ensemble orientés vers l'Est. Ils n'épousent pas le mouvement en baïonnette de la dorsale atlasique. Dans l'intervalle ainsi formé les accidents intermédiaires, de plus en plus hésitants, s'épanouissent et meurent. La figure montre la transition ainsi réalisée entre le style du Haut-Atlas et celui des Hauts-Plateaux et de l'Atlas saharien.

Ainsi le puissant pli de fond à matériel paléozoïque du Haut-Atlas, déjà abaissé et enveloppé de sa couverture secondaire de l'Est dès l'Ayachi, se termine par un simple faisceau d'anticlinaux graduellement atténués où s'amorce dans le tronçon Skindis-Matarka le style en chenilles (Flamand) qui caractérise l'Atlas saharien. Le pli de fond atlasique proprement dit n'existe plus. Tout au plus pourrait-on voir dans les larges anticlinaux du Mesrouh et du Bou Dahar-Aïn Chaïr, un relai très atténué et décalé vers le Sud des dislocations du bâti ancien.

SÉISMOLOGIE. — *Comparaison entre les valeurs de la profondeur focale des tremblements de terre déterminées à l'aide des tables de Wadati et celles obtenues au moyen des courbes de Brunner.* Note de M. **Charles Bois**, présentée par M. Charles Maurain.

J'ai indiqué sommairement [1] qu'il y avait accord à 10 pour 100 près entre les valeurs de la profondeur focale des tremblements de terre que j'ai déterminées d'après les inscriptions de Strasbourg au moyen des tables de Wadati, et celles qui proviennent des sources suivantes :

1° études de Wadati et de ses collaborateurs au moyen des isolignes S — P;
2° travail de Miyamoto basé sur l'examen des phases P*c*P et S*c*S;
3° recherches des séismologues de la *Jesuit Seismological Association of America*, à l'aide des courbes de Brunner.

Je précise que l'accord entre mes résultats et ceux de Miyamoto est par-

(1) *Comptes rendus*, 203, 1936, p. 101.

ticulièrement satisfaisant (écart relatif moyen, 4,9 pour 100). Avec les valeurs obtenues d'après la méthode de Wadati, l'écart est un peu plus élevé (8,7 pour 100) : il semble que, dans certains cas particuliers, cette méthode présente des difficultés d'application. Wadati, dans son catalogue des séismes japonais à foyer profond, a d'ailleurs abandonné certaines des valeurs précédemment obtenues par lui pour les remplacer par d'autres, calculées par Miyamoto et divers auteurs. Entre les valeurs du catalogue Wadati et les miennes, l'écart n'est plus que de 4,8 pour 100 : la concordance est donc très satisfaisante. Avec les valeurs publiées par les séismologues américains, l'écart moyen est un peu plus élevé (8,1 pour 100).

		Valeurs de la profondeur focale obtenues à l'aide des	
Date.	Région épicentrale.	Tables de Wadati.	Courbes de Brunner.
1924. 28 mai	Kouriles	450 km	490 km
1925. 27 mai	Japon	380	400
1926. 29 juin	Mer de Chine	140	170
26 juillet	Japon	340	380
1928. 29 mars	Japon	400	400
8 mai	Japon	570	600
1929. 13 janvier	Kouriles	140	150
2 juin	Japon	320	350
1930. 10 mars	Japon	620	660
21 décembre	Formose	160	180
1931. 20 février	Japon	360	380
1932. 4 avril	Japon	440	450
23 septembre	Japon	300	320
13 novembre	Japon	320	350
1933. 2 septembre	Japon	400	430
4 décembre	Japon	320	340
1934. 3 janvier	Kamtchatka	280	300

Il m'a paru intéressant de reprendre la question à un autre point de vue et de rechercher à quels résultats conduirait l'application de plusieurs méthodes à l'interprétation des inscriptions de Strasbourg que j'ai étudiées précédemment. Malheureusement les méthodes de Wadati et de Miyamoto sont inapplicables; j'ai donc dû me borner à utiliser les courbes de Brunner. Dans le tableau ci-dessus, j'indique les valeurs de la profondeur du foyer

relatives aux 17 séismes dont il a été question dans ma précédente Note obtenues : 1° à l'aide des tables de Wadati; 2° au moyen des courbes de Brunner. On remarquera que les valeurs obtenues à l'aide de ces courbes sont généralement plus élevées que celles provenant de l'interprétation au moyen des tables de Wadati : il y a, en moyenne, une différence systématique de 25^{km} entre les deux séries de valeurs. Si, des résultats obtenus à l'aide des courbes de Brunner on retranchait 25^{km}, l'écart relatif moyen ne serait plus que de 5 pour 100, ce qui constituerait une concordance satisfaisante.

D'où peut provenir cet écart de 25^{km}? Les deux méthodes sont basées sur le même principe : étude des durées de propagation des phases classiques et des phases de Scrase. Elles diffèrent :

1° par les observations utilisées. Wadati a eu recours exclusivement aux données des séismes japonais, tandis que Brunner s'est appuyé sur l'étude de plusieurs tremblements de terre, issus de régions épicentrales différentes;

2° par les procédés de calcul qui ont servi à établir les hodocrones. Brunner a utilisé les méthodes de Knott, qui font intervenir certaines hypothèses relativement à la répartition des vitesses à l'intérieur du globe. Wadati a employé les formules classiques de Rudzki, Benndorf, et Wiechert-Herglotz, et a procédé à des intégrations graphiques sans introduire aucune hypothèse sur la variation des vitesses avec la profondeur.

Donc, en ce qui concerne les séismes japonais, il semble bien que les tables de Wadati fournissent des valeurs plus correctes que les courbes de Brunner. Pour les autres régions, il est plus difficile de conclure. Mais si l'on procède à une comparaison par région des valeurs obtenues, on constate (du moins pour celles où les séismes sont suffisamment nombreux) que la différence moyenne est toujours de l'ordre de 25^{km}. Si donc des anomalies locales interviennent pour modifier les vitesses de propagation, leur effet paraît négligeable devant les causes d'erreur dues à l'adoption des hypothèses de Knott (qui d'ailleurs s'accordent mal avec les observations relatives aux séismes très éloignés). Il semble donc que pour l'étude des tremblements de terre à foyer profond dont la distance épicentrale est comprise entre 3000^{mk} et 11000^{km}, il faille utiliser les tables de Wadati.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Sur la persistance de la chlorophylle à la suite de l'action bactérienne*. Note de M. **Gustave Nicolas** et Mlle **Berthe Aggéry**, présentée par M. Marin Molliard.

Si les champignons parasites provoquent la plupart du temps la destruction des chloroplastes et la décoloration des tissus, il est des cas où les plastes persistent et conservent leur couleur verte au cours du jaunissement et pendant la dessiccation des feuilles. Cette persistance du pigment vert, observée dans différentes plantes parasitées par des Urédinées et des Erysiphacées, peut être provoquée aussi par des bactéries, comme en témoigne l'exemple suivant :

Hedera Helix L. — Nous observons depuis 1931 un Lierre arborescent de la cour de notre laboratoire, dont les feuilles présentent chaque année, dès le mois de janvier, des taches circulaires, vert clair, très nettes par transparence, rappelant un peut les taches d'huile du mildiou de la Vigne. Ces taches mesurent en moyenne 1^{cm} à $1^{cm},5$ de diamètre. Leur teinte vert clair est due au petit nombre des chloroplastes, tant dans le tissu palissadique que dans le tissu lacuneux. Un certain nombre de cellules n'en contiennent plus; dans d'autres, ils sont réunis autour du noyau et plus ou moins en voie de désorganisation; dans d'autres enfin, ils sont groupés en paquets. Ces caractères coïncident avec la présence de bactéries nettement visibles à la surface des chloroplastes; elles n'existent pas dans les régions bien vertes qui entourent les taches. Il s'agit d'une affection bactérienne relativement bénigne, qui reste localisée et dont l'étude est en cours. Nous pensons que ces bactéries sont inoculées aux feuilles par une Cochenille.

Au moment du jaunissement, les plages vert clair, où pullulent des bactéries, conservent, même après la chute et la dessiccation des feuilles, leur teinte, qui tranche nettement sur la couleur jaune uniforme du limbe. Tandis que dans les parties jaunes, les chloroplastes ont fait place à des chromoplastes jaunes, en voie de désorganisation, avec d'abondantes gouttes d'huile colorées en jaune, dans les régions parasitées restées vertes, les chloroplastes ont conservé les caractères indiqués précédemment.

Si nous retrouvons dans cette nouvelle maladie le mode d'action général des bactéries vis-à-vis des chloroplastes, il faut reconnaître que leur activité est réduite, relativement faible, n'entraînant ni la désorganisation complète des chloroplastes, ni la mort des cellules qui les hébergent, peut-être parce qu'elles se trouvent dans un milieu qui ne leur convient pas. Au

moment du jaunissement des feuilles, ces bactéries reçoivent vraisemblablement des cellules voisines, non parasitées, des matières azotées et hydrocarbonées qui, en proportions convenables, empêcheraient la transformation des chloroplastes en chromoplastes, d'où persistance dans les plages envahies par les bactéries d'une teinte vert clair. Quant à la conservation de la couleur verte au cours de la dessiccation, elle est peut-être due à une sorte de fixation des chloroplastes par les bactéries. C'est en effet par ce procédé que Lubimenko ([1]) explique la conservation des chloroplastes des feuilles de plantules de blé et de tabac ayant subi la fermentation bactérienne en présence de l'eau. Le mucilage qui résulte de cette fermentation, placé dans une solution à 5 pour 100 de glycérine dans l'eau bouillie ordinaire pour le blé, et à 5 pour 100 de glycérine et 0,2 pour 100 d'asparagine dans l'eau ordinaire pour le tabac, conserve pendant 9 et 6 mois sa coloration verte. Lubimenko croit à une sorte de fixation pendant la fermentation bactérienne, des plastes morts.

Nous ajouterons à ceci une observation, qui, si elle ne montre pas, comme la précédente, la persistance de la chlorophylle à la suite de l'action bactérienne, indique cependant une résistance de ce pigment à sa solubilisation par l'alcool.

Nous étudions actuellement une infection généralisée d'origine bactérienne de *Begonia gracilis*, caractérisée par le jaunissement du limbe par places, notamment sur les bords, puis la dessiccation avec affaissement des tissus (deux épidermes et trois assises de parenchyme chlorophyllien). Les plages desséchées, blanchâtres, sont entourées d'une zone jaune verdâtre, qui passe à sa périphérie à la couleur verte normale. L'action des bactéries, répandues partout, débute en général sur les bords, d'où elles progressent vers l'intérieur.

Si l'on plonge une feuille dans l'alcool à 95°, on observe qu'au bout de 24 heures les parties vertes, où les chloroplastes encore isolés présentent çà et là à leur surface de petits amas bruns, sont décolorées, tandis que, dans la zone qui entoure les régions desséchées, les chloroplastes groupés en paquets recouverts des mêmes masses brunes plus volumineuses et plus nombreuses ont conservé leur teinte vert jaune.

Sans qu'il puisse être question ici d'une persistance de la chlorophylle, car, si l'action bactérienne se continue, les cellules sont complètement tuées et se dessèchent, il y a, cependant, lieu de faire remarquer la non-solubi-

([1]) *Rev. gén. de Botanique*, 38, 1926, p. 386-387.

lisation du pigment par l'alcool dans les cellules où l'action bactérienne est intense. Il est possible que cette résistance de la chlorophylle soit due à la présence du produit brun, peut-être chlorophyllane associée à une substance albuminoïde (au cours de nos recherches sur les maladies bactériennes nous avons fréquemment observé l'apparition d'amas bruns englobant plus ou moins complètement les chloroplastes). Ce que l'on sait de l'action protectrice qu'exercent certaines substances (gélatine, albumine, gomme arabique), vis-à-vis de la destruction de la chlorophylle viendrait à l'appui de notre hypothèse.

CHIMIE VÉGÉTALE. — *Sur l'altération des composés nucléiques végétaux au cours de leur extraction en milieu trichloracétique.* Note de M. **Émile Michel-Durand**, présentée par M. Maurice Javillier.

Des anomalies relatives aux propriétés caractéristiques des composés nucléiques observées au cours de recherches sur le *Sterigmatocystis nigra*, m'ont conduit à me demander s'il n'y avait pas lieu d'incriminer l'influence des solutions acides utilisées comme solvants. Yves Colin [1] avait observé des phénomènes de même nature et s'était déjà posé la même question. On sait d'ailleurs combien, d'une façon générale, les protéides sont sensibles à l'action des acides et M. Javillier [2] a déjà insisté sur le fait que les nucléoprotéides présentent une extrême sensibilité à la réaction du milieu.

Il semble donc bien que les solutions d'acides minéraux étendus, souvent utilisées à chaud pour l'extraction des principes phosphorés des tissus végétaux, exercent une influence néfaste sur les nucléoprotéides, qui subiraient, d'après certains auteurs, une altération purement physique. Malgré leur supériorité en tant que solvants de l'ensemble des principes phosphorés des tissus végétaux, Y. Colin a dû renoncer à leur utilisation.

J'espérais toutefois qu'en opérant à froid et avec un acide organique, l'acide trichloracétique, il me serait possible de limiter l'intervention du réactif à l'immobilisation de la fraction protéique et à l'entraînement en solution de la fraction nucléique. Afin de dissoudre la totalité des principes phosphorés, j'épuisais à froid, par lixiviation sur Buchner, la farine déli-

(1) *Thèse Doctorat ès-sciences,* Paris, 1936.
(2) *Bull. Soc. Chimie biologique,* **11**, 1929, p. 644.

pidée de mycélium avec une solution d'acide trichloracétique à 10 pour 100 (pH = 1,1). L'opération durait entre 5 et 6 heures et donnait d'une part, un extrait qui était analysé dans les 24 heures, d'autre part, un résidu imprégné de solution trichloracétique. Au bout de 48 heures ce dernier était délayé dans 100^{cm^3} de solution chlorurée à 12,5 pour 100; le mélange neutralisé, porté à l'ébullition, était centrifugé pour isoler l'extrait.

Les deux solutions ainsi obtenues peuvent renfermer des principes nucléiques. Or ceux de l'extrait trichloracétique ont subi le contact de l'acide à 10 pour 100 pendant 24 heures; ceux de l'extrait chloruré ont été pendant 48 heures au moins, imprégnés de la même solution acide, de concentration d'ailleurs croissante par suite de l'évaporation de l'eau à l'air libre.

La séparation des composés nucléiques de ces deux extraits été tentée successivement avec l'acide chlorhydrique et l'alcool chlorhydrique. Voici les résultats obtenus :

	Acide chlorhydrique	Alcool chlorhydrique.
Extrait trichloracétique...........	rien	précipité renfermant $1^{mg},5$ de phosphore
Extrait chloruré.................	rien	rien

Cependant, comme me l'a montré l'expérience, l'extrait chloruré renferme du phosphore non précipitable par la mixture magnésienne, inclus dans un composé hydrolysable par ébullition prolongée en milieu alcalin, d'origine protidique, étant donné la nature du matériel et les traitements préalables auxquels il a été soumis.

Dans ces conditions on peut admettre que les composés nucléiques de l'extrait chloruré ont été dénaturés à la suite du traitement acide effectué sur la poudre végétale. La preuve de ce fait nous est donnée par la réaction de Feulgen.

On sait que cette dernière repose sur une dégradation ménagée des nucléoprotéides sous l'influence des acides minéraux étendus à la température de 60°. Quoique cette réaction soit encore mal définie, on admet que l'altération des composés nucléiques libère des fonctions aldéhydiques qui donnent la réaction de Schiff. Or, on peut, sur les tissus, obtenir la réaction de Feulgen en remplaçant l'acide chlorhydrique normal par une solution d'acide trichloracétique à 10 pour 100 et en chauffant pendant 15 minutes. On réalise la même réaction à froid au bout de 48 heures.

Après un contact de 24 heures, à la température ordinaire, avec cette même solution, les noyaux des méristèmes radiculaires d'*Allium* présentent

nettement cette réaction (³). Si l'interprétation donnée pour la réaction de Feulgen est exacte, il ne s'agit pas seulement ici d'une simple modification physique des acides nucléiques, mais d'une altération plus profonde intéressant notamment le groupement glucidique.

On peut donc conclure que le contact à froid d'une solution trichloracétique à 10 pour 100 détermine une altération notable des composés nucléiques des tissus. Ainsi s'expliquent les anomalies de précipitation constatées par les différents auteurs (Colin, Michel-Durand) et se trouve pleinement justifiée la supériorité des solutions salines neutres préconisées par Javillier pour l'extraction des composés nucléoprotéidiques en vue du dosage du phosphore nucléique.

PATHOLOGIE VÉGÉTALE. — *Recherches morphogéniques et concurrence vitale chez les Hypocréacées viticoles.* Note de M. **René Morquer**, présentée par M. Marin Molliard.

La concomitance de plusieurs formes de spores sur des sarments de Vigne a conduit les mycologues et les pathologistes à rechercher si ces fructifications étaient élaborées par des organismes distincts ou si elles correspondaient aux différents stades du développement d'un champignon unique.

Passerini a signalé le premier (1876) la présence du *Fusarium viticolum* à Rapallo. Von Thümen, en 1877, en a décrit les conidies fusiformes arquées, bourgeonnant sur des coussinets qui entourent les périthèces du *Nectria viticola* Berk et Curt, et a rapporté hypothétiquement à cette dernière espèce les spores disséminatrices de la première. Mameli, Allescher, Lindau, L. Rives, Foëx, Nagorny ont identifié au même *Fusarium* des champignons qu'ils ont signalés en Sardaigne, Bavière, Angleterre, France, au Caucase. Jamais cependant ces auteurs n'ont pu démontrer avec certitude si ces deux formes de multiplication et de reproduction appartenaient à un même organisme.

En vue d'isoler éventuellement les différentes espèces de micromycètes qui pourraient se trouver en rapport de contiguïté, j'ai entrepris, par voie expérimentale, l'étude des différentes formes d'Hypocréacées associées sur les rameaux de *Vitis vinifera* et de ses hybrides avec le *V. Berlandieri*. J'ai

(³) Communication verbale de M. Gavaudan.

séparé en cultures monospermes deux catégories de spores : A. des conidies ovoïdes sur des stromas rosés; B. des chlamydospores uni-bicellulaires dont j'ai suivi le développement sur des milieux naturels et synthétiques (mannitol 3 pour 100; peptone 0,465 pour 100).

Des investigations relatives à la germination, la croissance mycélienne, la forme de l'appareil sporifère, l'aspect microscopique, me permettent d'établir la dualité des microorganismes associés.

A. Le bourgeonnement des conidies à l'extrémité des phialides fusiformes disposées irrégulièrement en verticilles, leur agglutination en capitules par un mucilage provenant de la gélification de la paroi, caractérisent morphologiquement un *Acrostalagmus*.

L'observation et l'examen critique d'espèces affines, sur des solutions nutritives variées, et à diverses concentrations des constituants carbonés, nous ont montré que la disposition verticillée était loin de présenter une généralité suffisante pour justifier la distinction systématique fondée entre les genres. En effet, la carence de l'aliment glucidique provoque des modifications dans la manière dont les conidiophores sont répartis sur les filaments fertiles.

Des recherches concernant le déterminisme de la formation des spores, j'ai conclu à la nécessité de distinguer des morphoses d'ordre général et des variations d'un caractère plus spécial.

1° L'*abaissement de la teneur en carbone* au-dessous d'un minimum (compte tenu du nombre de germes introduits dans le milieu) *tend d'une manière générale à dissocier les conidiophores*. Telles sont les modifications que j'ai observées dans le cas du *Dactylium macrosporum*, du *Penicillium palitans* etc..

2° La forme et la disposition des phialides et des spores varient suivant l'espèce considérée, fournissant ainsi des données biologiques qui viennent s'ajouter utilement aux considérations statiques trop exclusivement invoquées en vue de la caractérisation des espèces. C'est ainsi que l'*Acrostalagmus cinnabarinus* ne produit plus qu'un faible nombre de sphérules mucilagineuses dans les milieux carencés en carbone, tandis que les hyphes terminaux du champignon dressent, dans l'air, des ramuscules grêles, sinueux, simples ou dichotomes, porteurs de spores uniques on de conidies naines insérées isolément sur des conidiophores en épis.

Réagissant différemment à l'appauvrissement de la solution nutritive, l'*Acrostalagmus ampelinus* sp. nov. forme des glomérules conidiens solitaires ou disposés par deux et de diamètre décroissant; cette morphose

précède immédiatement l'inhibition de la sporogénèse à une concentration de $0^{mg},45$ de mannitol.

En ce qui concerne cette espèce, la production des spores paraît donc bien liée à leur groupement en capitules et à l'élaboration d'un mucus qui les maintient agglutinées.

Inversement une *élévation de la teneur en carbone*, au-dessus d'un minimum, *détermine un accroissement du nombre des phialides, de leurs dimensions ainsi que de celles des conidies.*

D'autre part la morphologie externe, la consistance et la pigmentation des périthèces stériles, les analogies que j'ai mises en évidence entre le stade conidien de l'*Acrostalagmus ampelinus* et celui du *Nectria Daldiniana* de Notaris, ainsi que du *N. inventa* Pethybridge me conduisent à envisager le premier de ces organismes comme une forme imparfaite d'un champignon du genre *Nectria*.

B. L'application de la méthode des dilutions a permis de séparer une autre Mucédinée dont les spores offrent un polymorphisme remarquable : la forme des conidies se modifie d'abord avec le temps, dans le sens de l'allongement des conidies; d'abord exclusivement oblongues au début de la sporogénèse, elles deviennent plus tard arquées, puis se cloisonnent après leur chute.

Simultanément s'observent, à partir du 10e jour, des *microconidies* ovoïdes unicellaires et des *macroconidies* falciformes, uniseptées en majorité. Des *chlamydospores* terminales ou intercalaires, généralement unicellulaires, apparaissent ensuite; leur formation trouve sa cause dans un épuisement local des réserves.

En résumé, *l'association fongique caractérisée sur les Vignes* bulgares *est constituée par deux organismes bien distincts : Acrostalagmus ampelinus*, forme hypothétique d'un *Nectria*, et *Fusarium vasinfectum*, champignons appartenant vraisemblablement au groupe des Hypocréacées.

GÉNÉTIQUE. — *La prétendue stérilité du Lys tigré* (Lilium tigrinum *Ker Cauwl*), *due à sa triploïdie*. Note (1) de MM. **Maurice de Caraman** et **Christian Champy**.

On considère généralement le Lys tigré comme stérile (2) avec sa propre espèce et dans les croisements. On n'a obtenu la fécondation que dans des cas exceptionnels et rares. On attribue cette stérilité à la triploïdie de cette espèce. Cette triploïdie a été mise en évidence par Hall (3). Cet auteur a étudié les chromosomes de diverses espèces de Lys et montré que le nombre diploïde de toutes les espèces est de 24, sauf le *Lilium tigrinum* et ses variétés qui ont 36 chromosomes. Nous avons pu vérifier ces faits dans leur ensemble, malgré les incertitudes d'une numération exacte dans une série suffisante de cellules, chez ce genre où les chromosomes sont très longs et emmêlés (4).

Nagamatsu et Takemaka attribuent la stérilité à l'anomalie des méïoses qui donneraient lieu à des cellules sexuelles mal formées au point de vue chromatique. Stout, plus objectivement, cherche à expliquer cette particularité par la non pénétration du boyau pollinique qui serait, chez *Lilium tigrinum*, trop court pour traverser le style des autres espèces et de la sienne propre. Stout a cependant pu réussir de rares fécondations croisées, tout à fait exceptionnelles. Miss Preston (5) a obtenu, aussi par exception, un hybride entre *L. tigrinum* et *L. maximovici*.

Il ne semble pas qu'il s'agisse dans cette stérilité d'une altération des gonades; en effet, entre nos mains, *Lilium tigrinum* a pu être fécondé très régulièrement par les pollens suivants : *L. thunbergianum* (var. *venustum*), *davidi* (var. *macranthum*) et *batemanniæ*. Les graines ont germé normalement et les plantules ne sont pas identiques, d'une série à l'autre, ce qui exclut l'idée de parthénogénèse provoquée.

(1) Séance du 15 février 1937.

(2) Stout, *Lily Yearbook*, 1933, p. 142-171; Sato Masayosi, *Bot. Mag.*, Tokyo, 46, 1932, p. 66-88; Takemaka et Nagamatsu, *Bot. Mag.*, Tokyo, 44, 1930, p. 386-391.

(3) *Lily Yearbook*, 1934, p. 35-45.

(4) On peut aisément compter quelques cellules favorables. On ne peut pas compter *toutes* les cellules et s'assurer de la constance rigoureuse de ces nombres. On peut observer, en tout cas, que ce sont les nombres les plus fréquents.

(5) *Lily Yearbook*, 1933, p. 173-190.

Par contre, plus de 200 croisements, faits avec chacune des espèces suivantes, ont été stériles : *L. princeps*, *henryi*, *candidum*, *auratum*, *regale*, *speciosum* (6).

Si l'on considère la longueur des styles d'espèces comme *princeps*, *henryi*, *auratum*, *regale*, comparée à celle de *Lilium tigrinum* et si l'on songe que ces espèces sont autofécondes, on est obligé d'admettre que le boyau pollinique, qui traverse leur long style, est assez long pour atteindre l'ovule de *Lilium tigrinum*. L'explication de Stout n'est donc pas suffisante, bien que valable peut-être dans quelques cas. Cependant il semble s'agir, dans les cas de stérilité, d'anomalies occasionnelles des phénomènes accessoires de la fécondation et non d'incompatibilités de chromatine (7). En effet, les fécondations que nous avons obtenues montrent, par leur régularité, qu'il ne s'agit pas d'une incompatibilité génétique, car les *Lilium batemanniæ*, *thunbergianum* et *davidi* ont le même nombre de chromosomes que les espèces qui ont donné des résultats négatifs.

Ceci montre combien il est imprudent de tirer de l'étude des chromosomes des conclusions hâtives, avant d'avoir préalablement étudié à fond les conditions accessoires de la fécondation, dont les anomalies se montrent si fréquentes et expliquent un grand nombre de cas de stérilité.

Nous aurons l'occasion de confirmer ces conclusions par l'étude d'hybridation d'autres espèces présentant des particularités chromatiques et considérées comme stériles pour des causes génétiques et par celle des conditions de germination des pollens.

BIOLOGIE MATHÉMATIQUE. — *Quelques conséquences de l'hérédité mendélienne*. Note de M. **Gustave Malécot**, présentée par M. Émile Borel.

Soit une population F_0 de N individus adultes (animaux ou plantes) ne différant que par un caractère mendélien.

Soient P, 2Q, R ($P + 2Q + R = 1$) les proportions des trois génotypes *aa*, A*a*, AA, que nous désignerons par les indices 1, 2, 3.

Dans la génération suivante F_1, composée de N_1 individus, ils se trouveront dans les proportions : P_1, $2Q_1$, R_1. Notre but est d'indiquer sous des

(6) Nous avons fait en tout plus de 2000 croisements.

(7) En effet, *L. tigrinum* s'est montré stérile entre nos mains dans de nombreuses conditions de végétation.

conditions assez générales la relation stochastique entre les proportions des trois génotypes dans F_0 et dans F_1. M. R. A. Fisher (¹) a donné, dans le cas de la panmixie, une relation approchée entre les proportions des gènes a et A dans F_0 et dans F_1 (proportions qui sont $p = P + Q$, $q = Q + R$, $p_1 = P_1 + Q_1$, $q_1 = Q_1 + R_1$); et il a trouvé, pour la fonction génératrice du nombre $2N_1 p_1$ de gènes a dans F_1 : $e^{2Npc(x-1)}$, c étant l'avantage sélectif du gène a.

Il est possible de généraliser cette formule de la manière suivante :

1° En s'affranchissant de l'hypothèse de panmixie. Nous introduisons alors, avec M. de Finetti (²), des coefficients d'homogamie λ_{ij} (égaux à 1 dans le cas de la panmixie) tels que les accouplements des différents génotypes aient les probabilités respectives

$$P^2\lambda_{11},\quad 4PQ\lambda_{12},\quad 4Q^2\lambda_{22},\quad 2PR\lambda_{13},\quad 4QR\lambda_{23},\quad R^2\lambda_{33}.$$

Nous désignons par g_{ij} le nombre moyen de germes produits par chacun de ces couples, et nous supposons, comme le suggère M. Fisher, que le nombre de germes soit réparti autour de sa moyenne g_{ij} suivant une loi de Poisson (l'inégalité des g_{ij} traduit la fécondité différentielle).

2° En supposant, en outre, que les germes (larves ou graines) des trois génotypes ont des probabilités différentes, Π_1, Π_2, Π_3, de survivre jusqu'à l'état adulte. Cette survivance différentielle est probablement, dans le cas d'espèces produisant un grand nombre de germes (Drosophiles, Céréales), un facteur important de la sélection naturelle.

Sous ces hypothèses, on obtient, pour les nombres N_1P_1, $2N_1Q_1$, N_1R_1, d'individus des trois génotypes composant F_1, la fonction génératrice à trois variables x_1, x_2, x_3,

$$\Big\{ P^2\lambda_{11}\, e^{g_{11}\Pi_1(x_1-1)} + 4PQ\lambda_{12}\, e^{g_{12}\left[\frac{\Pi_1}{2}(x_1-1)+\frac{\Pi_2}{2}(x_2-1)\right]}$$
$$+ 4Q^2\lambda_{22}\, e^{g_{22}\left[\frac{\Pi_1}{4}(x_1-1)+\frac{\Pi_2}{2}(x_2-1)+\frac{\Pi_3}{4}(x_3-1)\right]}$$
$$+ 2PR\lambda_{13}\, e^{g_{13}\Pi_2(x_2-1)}$$
$$+ 4QR\lambda_{23}\, e^{g_{23}\left[\frac{\Pi_2}{2}(x_2-1)+\frac{\Pi_3}{2}(x_3-1)\right]} + R^2\lambda_{33}\, e^{g_{33}\Pi_3(x_3-1)} \Big\}^{\nu},$$

ν désignant le nombre d'accouplements dans F_0.

(¹) *The Genetical Theory of Natural Selection*, p. 75; *Proc. Roy. Soc. Edinb.*, **42**, 1922, p. 325.

(²) *R. C. dei Lincei*, **1**, 1927, p. 1026; *Rivista di Biologia*, **9**, 1928, p. 1.

Cela fournit les valeurs moyennes

$$\overline{N_1 P_1} = \nu \Pi_1 (P^2 \lambda_{11} g_{11} + 2 PQ \lambda_{12} g_{12} + Q^2 \lambda_{22} g_{22}),$$
$$2\overline{N_1 Q_1} = 2\nu \Pi_2 (PQ \lambda_{12} g_{12} + Q^2 \lambda_{22} g_{22} + PR \lambda_{13} g_{13} + QR \lambda_{23} g_{23}),$$
$$\overline{N_1 R_1} = \nu \Pi_3 (Q^2 \lambda_{22} g_{22} + 2 QR \lambda_{23} g_{23} + R^2 \lambda_{33} g_{33}).$$

En écrivant qu'elles sont proportionnelles à P, 2Q, R, on retombe sur l'étude de l'équilibre mendélien faite par Finetti.

On peut aussi calculer les écarts types qui renseignent sur l'importance des fluctuations dues au hasard. On a par exemple

$$\sigma_1^2 = \overline{N_1 P_1} + \nu \Pi_1^2 \left(P_2 \lambda_{11} g_{11}^2 + PQ \lambda_{12} g_{12}^2 + \frac{Q^2}{4} \lambda_{22} g_{22}^2 \right) - (\overline{N_1 P_1})^2.$$

La fonction génératrice des nombres de gènes $2N_1 p_1$ et $2N_1 q_1$ dans F_1 s'obtient immédiatement en remplaçant x_1, x_2, x_3 par u^2, uv, v^2.

Les formules obtenues résument un grand nombre de cas particuliers. On retrouve par exemple le résultat de Fisher en supposant que les gènes a sont en nombre faible et portés uniquement par des hétérozygotes, leur fonction génératrice est alors (en négligeant P et Q^2)

$$(4 QR \lambda_{23})^\nu e^{\nu g_{23} \frac{\Pi_2}{2} (x-1)},$$

c'est bien le résultat de Fisher.

En supposant qu'il y ait panmixie et égale fécondité ($\lambda_{ij} = 1$, $g_{ij} = g$), les moyennes se simplifient et deviennent

$$\overline{N_1 P_1} = \nu \Pi_1 g p^2, \qquad 2\overline{N_1 Q_1} = 2\nu \Pi_2 g pq, \qquad \overline{N_1 R_1} = \nu \Pi_3 g q^2,$$

donc

$$\frac{p_1}{q_1} = \frac{P_1 + Q_1}{Q_1 + R_1} = \frac{p}{q} \frac{\Pi_1 p + \Pi_2 q}{\Pi_2 p + \Pi_3 q}.$$

On étudie alors aisément la variation au cours du temps des proportions des deux gènes.

Si l'hétérozygote est intermédiaire entre les deux homozygotes, par exemple si $\Pi_1 < \Pi_2 < \Pi_3$, le rapport $y = p/q$ tend vers zéro au cours des générations, le gène le moins résistant est éliminé, avec une vitesse donnée par

$$\Delta y = y \frac{(\Pi_1 - \Pi_2) y + \Pi_2 - \Pi_3}{\Pi_2 y + \Pi_3}.$$

Si l'hétérozygote est plus résistant que les deux homozygotes, c'est-

à-dire si $\Pi < \Pi_2 > \Pi_3$, y tend vers $\Pi_2 - \Pi_3/\Pi_2 - \Pi_1$, c'est l'équilibre stable signalé par Fisher (p. 100) (si $\Pi_1 > \Pi_2 < \Pi_3$, on n'a qu'un équilibre instable, il y a en réalité élimination d'un des gènes).

Cela fournit une interprétation des résultats obtenus par MM. L'Héritier et Teissier sur la concurrence entre gènes [3].

PARASITOLOGIE. — *Cycle évolutif de* Brachylæmus suis *L. B.* 1936. Note de M. **Lucien Balozet**, présentée par M. Emmanuel Leclainche.

Nous avons pu déterminer, par l'observation et l'expérience, le cycle évolutif de *Brachylæmus suis*, trématode trouvé par nous dans l'intestin des porcs de Tunisie [1]. Nous avons récolté, sur les terrains de pâturage des porcs parasités, des gastéropodes qui, pour la plupart et souvent tous, sont porteurs, pendant la saison favorable, de cercaires et de métacercaires de *Brachylæmus*. Ces métacercaires, ingérées par des animaux d'expérience, ont pu évoluer et devenir adultes chez les hôtes suivants : lapin, rat, souris, mérion (*Meriones shawi* Rozet), pigeon domestique. Nous avons échoué chez le cobaye et la poule. Les infestations obtenues ont été parfois très abondantes, notamment chez le pigeon, et il est intéressant de souligner l'aptitude de *Br. suis* à se développer facilement chez divers mammifères et chez les oiseaux.

Les mollusques, hôtes intermédiaires, sont de petits Hélicidés du genre *Xerophila*, et un Sténogyridé très répandu en Afrique du Nord, *Rumina decollata* L.

Les œufs de *Br. suis* sont embryonnés au moment de la ponte, mais ils subissent une maturation dans le milieu extérieur. Mis dans l'eau, ils peuvent éclore à partir du 3e jour à 18°. L'éclosion, qui a pu être suivie une fois au microscope, donne la liberté à un miracidium de forme ovoïde, pourvu, en avant, d'une partie pointue, en arrière, de deux groupes de cils. Il mesure 17^{μ} de long, sans les cils, 10^{μ} de large; les cils ont 10^{μ} environ.

Dans la nature, il est probable que les mollusques s'infestent en ingérant les œufs, car le miracidium ne saurait vivre à la surface du sol ou sur les végétaux. Nos essais d'infestation de mollusques par les œufs de *Br. suis* ont échoué jusqu'ici, mais nous avons pu trouver des mollusques naturelle-

---

(3) Voir en particulier *C.-R.-Soc. Biol.*, 117, 1934, p. 1049.

(1) *Bulletin de l'Académie vétérinaire de France*, 9, 1936, p. 93.

ment porteurs, dans la glande digestive, de sporocystes à divers degrés de développement. Ces sporocystes sont des tubes de 100 à 200$^{\mu}$ de diamètre qui se ramifient. Leur paroi est très mince et leur extrémité épaissie. Ils contiennent des cercaires. Les plus évoluées mesurent, en moyenne extension, 300$^{\mu}$ de long et 80 à 90 de large. Elles sont pourvues d'un rudiment caudal, de forme conique obtuse, de 20$^{\mu}$ de long, séparé du corps par un léger sillon.

Les dimensions des métacercaires varient selon le degré de leur évolution. Au début elles ressemblent beaucoup aux cercaires et conservent quelque temps le rudiment caudal. Pleinement développées, non contractées, elles mesurent 1^{mm},5 à 1^{mm},6 de long sur 0^{mm},6 de large. La ventouse buccale a 230$^{\mu}$ de diamètre, la ventrale, 200.

Les métacercaires se trouvent, principalement, dans la glande suprapédieuse. D'une manière beaucoup moins fréquente, on peut les trouver aussi dans les autres glandes pédieuses, dans la glande rénale, dans le péricarde, dans le bourrelet du manteau, et même dans la cavité viscérale, sous le tégument de la région dorsale. La glande suprapédieuse paraît être l'habitat de prédilection. Selon la taille du mollusque, les cercaires y sont plus ou ou moins nombreuses; parfois on en trouve une cinquantaine.

Les coupes d'escargots parasités à la fois par des cercaires et par des métacercaires n'ont pas permis d'observer une migration des cercaires de la glande digestive vers la glande suprapédieuse. La migration doit donc se faire en partie par la route indiquée par Sinitsin, vérifiée par Joyeux, Baer et Timon-David pour *Br. fuscatus* (²) : canal hépatique, canal intestinal et rejet à l'extérieur. Là, les cercaires rampent à la surface du mollusque à la recherche d'un orifice où elles pénètrent et où elles poursuivent leur développement si le lieu est favorable. Nous avons pu infecter des *Xerophila* en les déposant dans un cristallisoir contenant une petite quantité d'eau où se trouvaient des cercaires, ou en déposant celles-ci dans l'ouverture de la coquille. Après 20 jours, les métacercaires semblaient près de la maturité et mesuraient 1^{mm},5. Pendant les cinq premiers jours, il a été possible de voir des cercaires bien vivantes ramper à la surface du pied des escargots et aussi de trouver des cercaires mortes dans les excréments de ces mollusques.

Les mollusques deviennent parasités en grand nombre quelque temps

(²) *Comptes rendus*, 195, 1932, p. 972-973; *Bull. biologique de la France et de la Belgique*, 68, 1934, p. 385-418.

après les premières pluies automnales, c'est-à-dire depuis la fin d'octobre ou le début de novembre. L'infestation est très forte jusqu'en février. Elle diminue alors progressivement.

L'infestation des porcs suit la même courbe : rare en été, très fréquente en hiver. Elle peut atteindre, chez les animaux affaiblis, un degré extrêmement élevé. Les porcs en bonne santé paraissent supporter sans dommage la présence des trématodes, dont l'action spoliatrice n'est certaine que lorsqu'ils sont en très grand nombre. *Br. suis* paraît, en Tunisie, un parasite très commun chez tous les porcs qui sont conduits au pâturage et y mangent les petits escargots, si communs dans le pays, et dont ils sont friands.

Le cycle évolutif de *Br. suis* est donc analogue à celui des parasites du même genre étudiés par Hofman, par Sinitsin, par Joyeux, Baer et Timon-David. Il en diffère par des détails : hôtes intermédiaires, dimensions des métacercaires, et surtout par la localisation très curieuse de ces dernières dans la glande suprapédieuse des Gastéropodes.

A 15h45m l'Académie se forme en Comité secret.

COMITÉ SECRET.

La Section de Minéralogie, par l'organe de son doyen M. Barrois, présente la liste suivante de candidats à la place vacante par la mort de M. *Wallerant* :

En première ligne..........	M. Charles Mauguin.
En seconde ligne, ex æquo, *par ordre alphabétique*....	MM. Léon Bertrand, Paul Gaubert, François Grandjean, Paul Lemoine, Emmanuel de Margerie.

Les titres de ces candidats sont discutés.

L'élection aura lieu en la prochaine séance.

La séance est levée à 16h30m.

A. Lx.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SEANCE DU LUNDI 1er MARS 1937.

PRÉSIDENCE DE M. EMMANUEL LECLAINCHE.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

MÉTÉORITES. — *Sur une chute de météorite pierreuse en Nouvelle-Calédonie, survenue le* 15 *juillet* 1936. Note de M. **Alfred Lacroix**.

Le 15 juillet 1936, à 16h30m, a eu lieu en Nouvelle-Calédonie une chute de météorite, la première qui, semble-t-il, ait été observée dans une des petites îles de l'Océan Pacifique.

Le point précis de chute se trouve aux environs de Nassirah, dans la cascade située au bas du col de Khuen-Thio, à environ 15km au nord de Bouloupari, localité elle-même distante de Nouméa d'environ 85km (direction Nord-Ouest).

M. Siadoux, gouverneur de la colonie, qui m'a fourni ces renseignements, y a joint deux fragments conservés dans la collection du Muséum. L'un d'eux, pesant 323g, est entouré d'une croûte noire intacte, sauf sur une cassure fraîche; il paraît représenter à peu près les deux tiers de la pierre; celle-ci, de forme irrégulière, porte de nombreux piézoglyptes peu profonds; le second échantillon, du poids de 19g, provient probablement d'un des angles de la partie disparue de la même pierre; il est, lui aussi, en partie recouvert de sa croûte.

Cette météorite est une chondrite à cassure grise, renfermant de petits chondres d'un gris noir, solidement encastrés dans une masse tufacée. Elle prend bien le poli, elle est traversée par quelques veinules noires filiformes.

La densité, prise dans le vide, est de 3,678. Les mesures, faites sur une surface polie par M. Jouravsky, à l'aide de la platine de Shand, ont donné la composition moyenne suivante pour les minéraux métalliques :

12,6 pour 100 de fer nickelé, 3,9 pour 100 de pyrrhotite; ces minéraux étant très inégalement répartis dans la pierre, ces nombres ne sont qu'approximatifs. La masse principale du fer est constituée par la kamacite attaquable par l'acide picrique, son contact avec les silicates est constitué par une zone étroite de tænite.

L'examen microscopique met en évidence l'abondance de chondres très variés de structure et de composition quantitative, parmi lesquels abondent ceux formés par les prismes de bronzite, souvent accompagnés de clinobronzite. A côté des types habituels de chondres, je signalerai un cas exceptionnel de forme ovoïde, constitué par de nombreuses plages allongées de bronzite à dispositions imparfaitement parallèles, dont l'ensemble possède un curieux aspect moiré. Ce chondre est bordé par une zone de très petits grains du même minéral, paraissant résulter d'une recristallisation. Une fine enveloppe de fer nickélé enrobe ce chondre.

Il n'existe pas de feldspath, mais il faut signaler quelques larges plages de *merrillite* assez limpide, moulant tous les minéraux silicatés.

Cette météorite est à rapporter au groupe des chondrites pliosidérifères, à la limite des miosidérifères.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur l'approximation des nombres réels par les nombres rationnels.* Note de M. **Émile Borel.**

Soit p/q un nombre rationnel compris entre 0 et 1 et $\varphi(q)$ une fonction positive croissante de q. Il est évident que, si la série

$$\Sigma \frac{1}{\varphi(q)} \tag{1}$$

est convergente, la longueur totale des intervalles

$$\frac{p}{q} - \frac{1}{q\varphi(q)}, \quad \frac{p}{q} + \frac{1}{q\varphi(q)} \tag{2}$$

est finie. L'ensemble E des nombres qui appartiennent à une infinité de ces intervalles est donc de mesure nulle. On déduit d'ailleurs facilement de la théorie des fractions continues que, quelle que soit la fonction $\varphi(q)$, l'ensemble E n'est pas dénombrable.

Supposons maintenant la fonction $\varphi(q)$ telle que la série (1) soit divergente. La longueur totale des intervalles (2) est alors infinie, et rien ne

s'oppose à ce que l'ensemble E ait une mesure finie ou même égale à l'unité.

On peut effectivement démontrer que la mesure de E est égale à 1 en utilisant des résultats sur les fractions continues qui se déduisent de la théorie des probabilités dénombrables et qui ont été récemment précisés par MM. Khintchine et Paul Lévy (1).

Si P_n/Q_n désigne la $n^{\text{ième}}$ réduite du développement en fraction continue, d'un nombre x compris entre 0 et 1 dont a_n est le $n^{\text{ième}}$ quotient incomplet, on peut affirmer, que, sauf si x appartient un certain ensemble de mesure nulle, Q_n est compris entre a^n et b^n, a et b étant deux constantes; la valeur de $\log Q_n$ est donc comprise entre $a'n$ et $b'n$; d'autre part, la différence $P_n/Q_n - x$ est inférieure à $1/a_n Q_n^2$. Mais l'on sait que, si la série

$$(3) \qquad \sum \frac{1}{\theta(n)}$$

est divergente, il existe une infinité de valeurs de n pour lesquelles a_n est supérieur à $\theta(\alpha n)$, quelle que soit la constante α; x est donc compris dans une infinité d'intervalles de la forme

$$\frac{P_n}{Q_n} - \frac{1}{Q_2^n \theta(\log Q_n)} \quad \text{et} \quad \frac{P_n}{Q_n} + \frac{1}{Q_2^n \theta(\log Q_n)}.$$

Il suffit de remarquer que, si l'on pose

$$\varphi(q) = q\theta(\log q),$$

la série (1) est convergente ou divergente en même temps que la série (3) pour arriver à la conclusion énoncée.

On peut observer que, si l'on donne une infinité énumérable de points u_n denses sur le segment 0-1, et si l'on entoure chacun de ces points d'un intervalle de longueur $2v_n$, $(u_n - v_n, u_n + v_n)$, la divergence de la série Σv_n n'est pas incompatible avec le fait que l'ensemble E des points appartenant à une infinité de ces intervalles serait de mesure inférieure à 1 ou même de mesure nulle. La conclusion à laquelle nous arrivons lorsque les nombres u_n sont les nombres rationnels et les intervalles v_n de la forme particulière (2) n'en est que plus remarquable.

(1) Paul Lévy, *Théorie de l'addition des variables aléatoires* (*Collection des monographies des probabilités*, fasc. I, Chap. XI, Paris, 1937).

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Équations et systèmes d'équations où figurent des valeurs principales d'intégrales.* Note [1] de M. **Georges Giraud.**

Considérons un système de p équations linéaires à p fonctions inconnues de m variables

$$(1) \qquad \Sigma_\beta\left[g_{\alpha,\beta}(X)u_\beta(X)-\lambda\int_{\mathcal{V}}^{(m)}G_{\alpha,\beta}(X,A)u_\beta(A)\,dV_A\right]=f_\alpha(X)$$
$$(\alpha,\beta=1,\ldots,p);$$

la variété $\mathcal{V}$ et les noyaux $G_{\alpha,\beta}$, qui sont des noyaux d'intégrales principales, remplissent par hypothèse les conditions énoncées dans un travail antérieur [2], et les intégrales principales sont définies comme dans le même travail; les fonctions données $g_{\alpha,\beta}$ et f_α doivent remplir des conditions de Lipschitz (l'exposant de ces conditions n'étant pas nécessairement *un*); λ est un paramètre complexe. Des résultats déjà annoncés, relatifs au cas particulier d'une seule équation [3], fournissent un moyen de reconnaître des cas où il existe des noyaux $H_{\alpha,\beta}(X, A;\lambda)$ d'intégrales principales, et des fonctions $h_{\alpha,\beta}(X;\lambda)$ qui remplissent par rapport à X des conditions de Lipschitz, tels que toute solution de (1) satisfasse à p équations

$$(2) \qquad u_\alpha(X)-\lambda\Sigma_\beta\int_{\mathcal{V}}^{(m)}K_{\alpha,\beta}(X,A;\lambda)u_\beta(A)\,dV_A$$
$$=\Sigma_\beta\left[h_{\alpha,\beta}(X;\lambda)f_\beta(X)+\lambda\int_{\mathcal{V}}^{(m)}H_{\alpha,\beta}(X,A;\lambda)f_\beta(A)\,dV_A\right],$$

auxquelles la théorie de Fredholm soit applicable (les noyaux $K_{\alpha,\beta}$ doivent donc être sommables). Les fonctions TJ des notes citées sont remplacées ici par une matrice $TG(X, Y;\lambda)$, qui dépend d'un point X de $\mathcal{V}$, d'un point Y de la variété $y_1^2+\ldots+y_m^2=1$, située dans un espace euclidien à m dimensions, et du paramètre λ; la loi de formation de TG est évidente.

---

[1] Séance du 22 février 1937.

[2] *Ann. scient. Éc. norm. sup.*, 51, 1934, p. 251 à 372, spécialement Chap. I. Voir aussi *ibid.*, 53, 1936, p. 1 à 40.

[3] *Comptes rendus*, 202, 1936, p. 2124 à 2127, et 203, 1936, p. 292 à 294; ces Notes ne s'occupaient pas du cas d'une seule variable, mais le procédé s'y adapte. Voir aussi S. Michlin, *Équations intégrales singulières à deux variables indépendantes* (*Recueil Math., Moscou*, nouvelle série, 1, 1936, p. 535 à 552).

Pour les valeurs de λ telles que le déterminant de TG s'annule pour au moins un système de points (X, Y), le système des fonctions $h_{\alpha,\beta}$ et $H_{\alpha,\beta}$ n'existe pas; soit C cet ensemble de valeurs de λ. Il y a lieu de considérer la valeur $\lambda = \infty$: cette valeur fait partie de C quand, après avoir divisé par λ les éléments de TG et avoir remplacé λ par l'infini, le nouveau déterminant s'annule pour au moins un système de points (X, Y); dans le cas contraire, l'infini ne fait pas partie de C, et les considérations suivantes s'étendent aux équations

$$(3)\qquad \sum_\beta \int_{\mathcal{V}}^{(m)} G_{\alpha,\beta}(X, A)\, u_\beta(A)\, dV_A = f_\alpha(X).$$

Soit E l'ensemble complémentaire de C; s'il n'est pas vide, il peut être constitué soit par un seul domaine (c'est-à-dire, l'ensemble ouvert E peut être linéairement connexe), soit par un ensemble de domaines. Soit D un domaine contenu dans E.

Moyennant une hypothèse complémentaire quand m est ≥ 3, les $h_{\alpha.\beta}$ et les $H_{\alpha.\beta}$ existent quand λ varie dans D; les $h_{\alpha.\beta}$ et les parties positivement homogènes et d'ordre $-m$ des $H_{\alpha.\beta}$ sont entièrement déterminés et holomorphes par rapport à λ. Le changement d'inconnues

$$(4)\qquad u_\alpha(X) = \sum_\beta \left[h_{\alpha.\beta}(X;\lambda)\, w_\beta(X) + \lambda \int_{\mathcal{V}}^{(m)} H_{\alpha,\beta}(X, A;\lambda)\, w_\beta(A)\, dV_A \right]$$

fournit un autre système d'équations de Fredholm, dont toute solution satisfait à (1). Si D contient le point *zéro*, des théorèmes analogues à ceux de Fredholm sont valables pour (1) dans D. Des circonstances plus variées se présentent quand D ne contient pas le point *zéro* (si le déterminant des $g_{\alpha,\beta}$ s'annule en au moins un point X, le point *zéro* appartient à C, mais il se peut que E ne soit pas vide).

Il se peut que le système homogène qui correspond à (1) *ait des solutions autres que zéro, quel que soit* λ *dans* D. De plus, *le nombre des solutions linéairement indépendantes n'est pas nécessairement le même pour le système* (1) *homogène* ($f_1 = \ldots = f_p = 0$) *que pour le système homogène associé*

$$(5)\qquad \Sigma_\beta \left[g_{\beta,\alpha}(X)\, v_\beta(X) - \lambda \int_{\mathcal{V}}^{(m)} G_{\beta,\alpha}(A, X)\, v_\beta(A)\, dV_A \right] = 0.$$

On démontre cependant les propriétés suivantes :

Pour que le système (1) *soit compatible, il faut et il suffit qu'on ait*

$$(6)\qquad \Sigma_\alpha \int_{\mathcal{V}}^{(m)} f_\alpha\, v_\alpha\, dV = 0$$

toutes les fois que ($v_1, \ldots, v_p$) *est solution de* (5).

La différence entre les nombres des solutions linéairement indépendantes pour les deux systèmes homogènes est constante dans D.

La démonstration conduit à la notion *d'opération résolvante au sens élargi*. Une telle opération s'obtient en remplaçant les $H_{\alpha,\beta}$ par certaines fonctions $N_{\alpha,\beta}$ de façon à avoir

$$\lambda K_{\alpha,\beta}(X, A; \lambda) = \Sigma_\mu \varphi_{\mu,\alpha}(X; \lambda)\varphi_{\mu,\beta}(A; \lambda),$$

où l'ensemble des systèmes $(\varphi_{\mu,1}, \ldots, \varphi_{\mu,p})$ est orthogonal et normal, et constitue un ensemble complet de solutions linéairement indépendantes du système (1) homogène; les $N_{\alpha,\beta}$ jouent un rôle semblable pour le système (5), et ils possèdent d'autres propriétés qui les déterminent complètement. Une telle opération résolvante est relative à tout point de D en dehors de certains points isolés; les $N_{\alpha,\beta}$ correspondants sont méromorphes, et, quand λ n'est pas égal à un pôle, les deux systèmes homogènes ont des nombres constants de solutions linéairement indépendantes; si λ est égal à un pôle, les nombres de ces solutions sont plus grands. En particulier, si, pour un point particulier de D, les deux systèmes homogènes n'ont que la solution *zéro*, des théorèmes semblables à ceux de Fredholm sont valables dans D; il en est notamment ainsi quand D contient le point *zéro*.

On connaît des problèmes, relatifs à des équations aux dérivées partielles du type elliptique, qui se résolvent au moyen d'équations à intégrales principales [travaux cités dans la note (2)]. Si l'équation du type elliptique comporte deux variables indépendantes, l'équation à intégrale principale n'en comporte qu'une, et la présente théorie s'y applique même quand la direction choisie en chaque point de la frontière est parfois tangente à cette frontière (4). On rencontre ainsi les circonstances nouvelles mentionnées ici (5).

Les systèmes de plusieurs équations ont aussi des applications (6).

THERMODYNAMIQUE EXPÉRIMENTALE. — *La courbe des densités et le diamètre rectiligne du krypton.* Note de MM. **Émile Mathias, Claude-Auguste Crommelin** et **J.-J. Meihuizen.**

1. Cette étude fait suite à des travaux sur les courbes des densités et les diamètres rectilignes de l'oxygène, de l'argon, de l'azote, de l'hydrogène,

(4) Les résultats annoncés précédemment (*Comptes rendus*, 191, 1930, p. 244 à 246 et 478 à 480) ne s'appliquent que lorsque la fonction alors désignée par $h(t)$ ne peut s'annuler.

(5) Alfred Liénard, *Comptes rendus*, 201, 1935, p. 320 à 322.

(6) N. A. Slioskine, *Comptes rendus*, 203, 1936, p. 487 à 489.

du néon, de l'hélium, de l'éthylène et de l'oxyde de carbone, successivement présentés à l'Académie et qui, tous, ont été exécutés au Laboratoire Kamerlingh Onnes de Leyde comme les recherches actuelles.

Le krypton nous fut fourni par M. Georges Claude, et nous en avons déterminé les différentes grandeurs thermodynamiques (courbe des densités, pression de la vapeur saturée, isothermes à toute une série de températures et de pressions, constantes critiques, triple point, etc.).

Le gaz primitif, n'étant pas dans l'état de pureté qu'exigent des déterminations précises, devait être purifié rigoureusement. Pour la purification préliminaire, nous avons fait usage d'un appareil dans lequel le gaz est mis en circulation lente au moyen d'une pompe spéciale et solidifié, dans un tube de verre spiral refroidi à — 208°C. par l'oxygène liquide, afin de pouvoir aspirer les gaz plus volatils que le krypton, et après à 183°C. (toujours dans l'oxygène liquide), température où le krypton peut être aspiré, tandis que les gaz moins volatils que lui restent solidifiés dans la spirale.

Ce gaz, purifié ainsi, fut soumis à une rectification à l'aide d'un appareil décrit par MM. Van Dijk, Mazur et Keesom, qui en a augmenté légèrement la pureté.

2. Les appareils utilisés pour les mesures de deux sortes de densités étaient à peu près les mêmes que dans nos recherches antérieures, auxquelles nous renvoyons pour les questions de détail. Seul, l'appareil destiné à régler la température des bains d'eau entourant le voluménomètre et le manomètre était remplacé par un thermostat électrique.

Les températures dans le cryostat, obtenues avec des bains d'éthylène et de chlorure de méthyle liquides, furent réglées et mesurées par deux thermomètres, à résistance de platine, comparés au thermomètre à l'hélium. Les températures sont données en degrés Kelvin, conformément à l'échelle 1936 (1).

3. Le résultat de nos mesures est contenu dans le tableau ci-après. Les densités ont été calculées en admettant, pour le poids d'un litre de krypton dans les conditions normales, le nombre 3g,743 de Heuse et Otto (2).

(1) W. H. Keesom, *Comm. Leiden*, *Suppl.*, n° 80*a*, Rapp. n° 5 du Lab. Kamerlingh Onnes, *VIIe Congrès Int. du Froid*, La Haye, 1936, p. 25.

(2) *Phys. Z.*, 35, 1934, p. 57.

t^oC.	T°K.	δ_1.	δ_2.	y (obs.).	y (calc.).	y (obs.) — y (calc.) absolue.	y (obs.) — y (calc.) millièmes.
— 64,94...	208,20	1,1926	0,6467	0,9196	0,9125	+0,0071	+8
— 67,15...	205,99	1,3171	0,5404	0,9287	0,9200	+ 87	+9
— 71,24...	201,90	1,4590	0,4217	0,9403	0,9339	+ 64	+7
— 73,51...	199,63	1,5161	0,3774	0,9467	0,9414	+ 53	+6
— 79,55...	193,59	1,6379	0,2903	0,9641	0,9618	+ 23	+2
— 84,76...	188,38	1,7255	0,23500	0,9803	0,9794	+ 9	+0,9
— 92,32...	180,82	1,8338	0,17576	1,0048	1,0050	— 2	—0,2
—102,22...	170,92	1,9674	0,12014	1,0388	1,0384	+ 4	+0,4
—109,46...	163,68	2,0350	0,09004	1,0625	1,0629	— 4	—0,4
—119,81...	153,33	2,1363	0,05774	1,0970	1,0978	— 7	—0,6
—129,11...	144,03	2,2202	0,03739	1,1288	1,1292	— 4	—0,4
—139,02...	134,12	2,3048	0,02196*	1,1630	1,1627	+ 3	+0,3
—147,18...	125,96	2,3707	0,01333*	1,1920	1,1902	+ 18	+1,5

(*) Densité de vapeur saturée calculée à l'aide de l'équation d'état.

4. Les valeurs calculées de l'ordonnée y du diamètre rectiligne sont données par la formule

$$y\,(\text{calc.}) = 1,6156 - 0,003377\,\text{T}.$$

Le coefficient angulaire du diamètre rectiligne est donc

$$\alpha = -0,003377.$$

A la température critique absolue, $T_c = 209°,39$, le diamètre rectiligne donne pour la densité critique

$$\Delta = 0,9085.$$

Le coefficient critique est

$$K = \frac{82,04}{M}\,\frac{\Delta T_c}{p_c} = 3,443,$$

où $M = 23,66$ est le poids moléculaire, $T_c = 209°,39$ est la température critique absolue, $p_c = 54^{\text{atm}},108$ est la pression critique.

A l'exception de l'éthylène, c'est le plus grand des coefficients K des neuf gaz étudiés par nous à Leyde.

6. Les déviations de la *tête* du diamètre *rectiligne* par rapport au diamètre *réel* ont le caractère systématique rencontré déjà chez l'argon, le néon, l'éthylène et l'oxyde de carbone. Le diamètre *réel* du krypton est donc, pour les températures comprises entre le point critique et 190° absolus environ, *au-dessus du diamètre rectiligne* et par suite légèrement convexe par rapport à l'axe des températures.

Aux températures du domaine liquide inférieures à 190° absolus, les différences d'ordonnées avec le diamètre *rectiligne* restant de l'ordre des millièmes ou plus faibles.

Dans les limites de ce qui précède, on peut dire que le krypton obéit sensiblement à la loi du diamètre rectiligne.

PROTISTOLOGIE. — *Un nouvel élément de la structure des Sporozoaires : l'argyrome*. Note de M. **Édouard Chatton**.

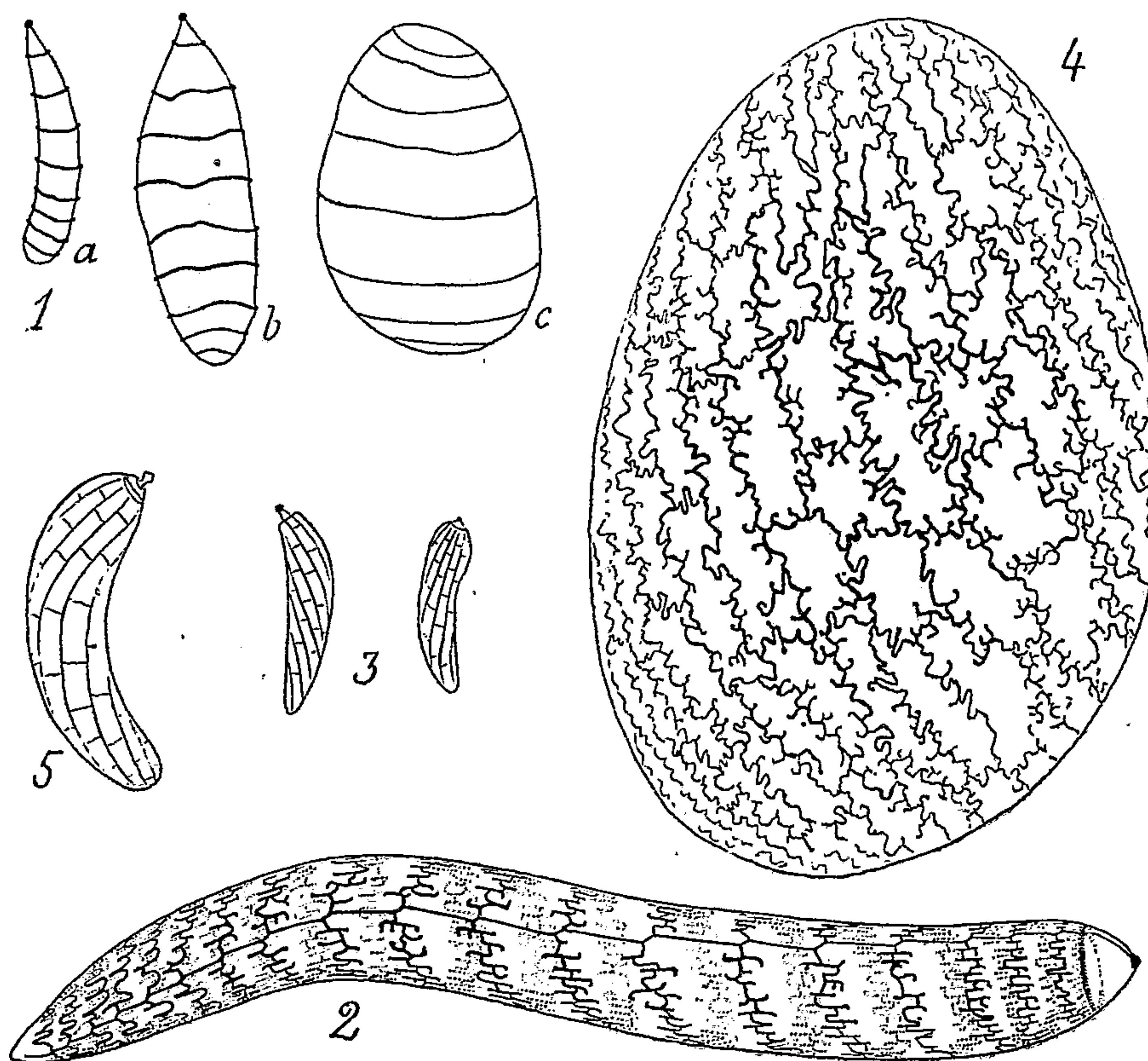
Bruno Klein [1] a mis en évidence, à la surface de divers Ciliés, un système de lignes argyrophiles (*Silberliniensystem*) le plus souvent anastomosées en réseau, qui investissent généralement les grains basaux des cils et des trichocystes, et que Klein considère comme la matière première de leur formation, en même temps que comme un appareil de corrélation des mouvements ciliaires. Von Gelei en fait des sortes de fibres nerveuses qu'il appelle neuronèmes.

Chatton et Brachon [2] différencient foncièrement ce système argyrophile de l'appareil ciliaire, complètement négligé par Klein et von Gelei, et formé de *cinéties* ou chaînes de cinétosomes unis par un cinétodesme. Chatton et Lwoff [3] appellent *cinétome* l'ensemble des cinéties, dont la topographie est beaucoup plus simple que celle du système argyrophile qu'ils nomment *argyrome*. Ils insistent sur ce que l'existence de celui-ci est loin d'être générale (par exemple Apostomes).

Klein [4] retrouve des lignes argyrophiles chez les Volvocinées, et Jirovec [5,6,7] chez les Eugléniens, le *Trypanosoma rotatorium* et chez la *Pyrsonympha* parmi les Hypermastigines. Mais ces dernières sont manifestement les flagelles récurrents le long du corps. Celles des Eugléniens et celles du *Trypanosoma rotatorium* correspondent à la striation superficielle, bien visible *in vivo*, de ces Flagellés. Celles des Volvocinées sont en partie extracellulaires. Aucune de ces formations ne me semble identifiable à

(1) *Zool. Anz.*, 17, 1926, p. 417 et *Arch. f. Protist.*, 58, 1927, p. 55.
(2) *Comptes rendus Soc. Biol.*, 118, 1935, p. 399-402.
(3) *Comptes rendus Soc. Biol.*, 118, 1935, p. 1068-1070.
(4) *Arch. f. Protist.*, 72, 1930, p. 404-419.
(5) *Arch. f. Protist.*, 68, 1929, p. 209-214, pl. 4.
(6) *Arch. f. Protist.*, 73, 1931, p. 47-55, pl. 4.
(7) *Arch. f. Protist.*, 81, 1933, p. 195-200.

l'argyrome des Ciliés. Il en est par contre tout autrement du réseau à mailles très régulières que, simultanément, Chatton et Hovasse ([8]) et B. Biecheler ([9]) ont mis en évidence chez les Dinoflagellés nus (*Polykrikos*, *Gyrodinium*). Ciliés et Dinoflagellés sont actuellement, à mon avis, les deux



Argyrome des Sporozoaires. — 1. *a*, *b*, *c*, *Lipotropha calliphoræ*; 2. *Barrouxia ornata*; 3. *Lankesterella ranarum*; 4, *Klossia helicina*; 5. *Sarcocystis tenella*, × 2600.

seuls groupes de Protozoaires où ait été démontré un argyrome certain.

Je leur ajoute maintenant les trois grandes classes de Sporozoaires : Grégarines (Schizogrégarines), Coccidies eimériennes et adéléennes, Sarcosporidies, représentées ici par les formes suivantes :

une Schizogrégarine du genre *Lipotropha* Keilin, *L. calliphoræ n. sp.*, parasite de *Calliphora erythrocephala* à Sète. Le schizonte porte 8 ou

([8]) *Comptes rendus Soc. Biol.*, **115**, 1934, p. 1039-1042.

([9]) *Comptes rendus Soc. Biol.*, **115**, 1934, p. 1036-1039.

9 anneaux parallèles simples, quelque peu saillants chez les schizozoïtes (*fig.* 1);

une Coccidie eimérienne, *Barrouxia ornata* Schneider, de l'intestin de *Nepa cinerea*, où schizontes et schizozoïtes sont également annelés. Mais les lignes sont ici très complexes, digitées et ramifiées. Il y en a une vingtaine, coupées par une génératrice méridienne simple, de part et d'autre de laquelle les extrémités des anneaux sont légèrement en discordance. Ces anneaux sont donc, en réalité, des hélices à pas très court (*fig.* 2);

une deuxième Coccidie eimérienne, *Lankesterella minima* Chaussat (*fig.* 3), du sang de *Rana esculenta*, dont les schizozoïtes présentent une douzaine de lignes longitudinales simples à anastosomes transversales;

une troisième Coccidie, adéléenne celle-ci, *Klossia helicina* Schneider (*fig.* 4), du rein des Escargots. Les gamontes, que seuls j'ai eus, y présentent des lignes hélicoïdales digitées rameuses, comme chez *Barrouxia*, mais anastomosées transversalement;

une Sarcosporidie, *Sarcocystis tenella* Railliet (*fig.* 5), du Mouton, dont les *spores en banane* ont le même argyrome que celles de *Lankesterella*.

J'ajoute que, sur les ookystes d'*Agregata Eberthi* et ceux d'une *Klossia* parasite du rein de *Loripes lacteus*, l'argent révèle un réseau polygonal en relief qui diffère considérablement de l'argyrome des formes nues.

Pour l'instant, celui-ci se répartit en trois types différents : le type *Lipotropha*, ou *annelé*, le type *Barrouxia*, ou *hélicoïdal*, le type *Sarcocystis*, ou *fuselé*.

L'existence d'un argyrome chez les Sporozoaires ne me surprend pas. J'ai souligné, et Belár l'a fait après moi, les analogies présentées par certaines mitoses coccidiennes et péridiniennes. E. Chatton et B. Biecheler [10] en découvrant les Coccidinides, Dinoflagellés parasites à caractères de Sporozoaires, ont apporté un document plus concret en faveur de l'hypothèse suivant laquelle les Sporozoaires tireraient leur souche des Dinoflagellés. La mise en évidence par Chatton et Hovasse et B. Biecheler d'un argyrome remarquablement développé chez les Péridiniens nus, et la présente démonstration de son existence chez les Sporozoaires, me paraissent constituer d'autres faits non moins importants à l'appui de cette hypothèse.

La présence d'un argyrome chez ces deux groupes montre qu'il n'est

---

([10]) *Comptes rendus*, **199**, 1934, p. 252-255.

lié, ni primitivement ni actuellement, à celle d'un appareil ciliaire et que son interprétation doit être recherchée tout à fait indépendamment de l'existence de celui-ci.

M. **Charles Pérez** fait hommage à l'Académie du fascicule 14 des *Travaux de la Station Biologique de Roscoff*, publiés sous sa direction : *Étude de quelques coaptations chez les Crustacés*, par Mauricette Macquart.

NOMINATIONS.

M. **Georges Perrier** est désigné pour représenter l'Académie dans la *Mission Nationale Française Cavelier de la Salle*.

Le **Bureau**, la **Section de Chimie** et la **Division des Applications de la Science a l'Industrie** sont désignés pour représenter l'Académie à la Séance solennelle consacrée à la mémoire d'Henry Le Chatelier.

ÉLECTIONS.

L'Académie procède par la voie du scrutin à l'élection d'un Membre de la Section de Minéralogie en remplacement de M. *F. Wallerant* décédé.

Le nombre de votants étant 54,

M. Charles Mauguin	obtient........	50	suffrages
M. François Grandjean	»	2	»
M. Léon Bertrand	»	1	»
M. Emmanuel de Margerie	»	1	»

M. **Charles Mauguin**, ayant réuni la majorité absolue des suffrages, est proclamé élu.

Son élection sera soumise à l'approbation de M. le Président de la République.

M. **Frédéric Marguet** est élu Correspondant pour la Section de Géographie et Navigation, en remplacement de M. *Gustave Binger* décédé, par 44 suffrages contre 2 à M. *Jacques Liouville* et 1 à M. *Jean Laborde*.

M. **Clodomir Houard** est élu Correspondant pour la Section de Botanique, en remplacement de M. *Camille Sauvageau* décédé, par 30 suffrages contre 7 à M. *Paul Bertrand*, 3 à M. *Georges Nicolas* et 2 à M. *Jean Beauverie*.

Il y a 2 bulletins blancs et 1 bulletin nul.

COMMISSIONS.

Le scrutin pour la nomination des Commissions de prix de 1937, est clos en la séance du 1er mars.

47 cahiers de vote ont été déposés.

Le dépouillement du scrutin donne les résultats suivants :

I. Mathématiques : *Prix Francœur*. — MM. É. Picard, L. Lecornu, J. Hadamard, É. Borel, M. d'Ocagne, H. Lebesgue, É. Cartan, G. Julia, N....

Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. J. Drach, H. Villat.

II. Mécanique : *Prix Montyon*, *Poncelet*, *Pierson-Perrin*. — MM. É. Picard, L. Lecornu, É. Borel, J. Drach, É. Jouguet, A. de Gramont, H. Villat, L. de Broglie, A. Caquot.

Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. J. Hadamard, M. d'Ocagne.

III. Astronomie : *Prix Lalande*, *Valz*, *G. de Pontécoulant*. — MM. É. Picard, H. Deslandres, H. Lebesgue, A. Cotton, E. Esclangon, C. Maurain, A. de La Baume Pluvinel, G. Fayet, J. Chazy.

Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. E. Fichot, C. Fabry.

IV. Géographie : *Prix Gay, fondation Tchihatchef*, *prix Binoux*, *Alexandre Givry*. — MM. A. Lacroix, C. Lallemand, R. Bourgeois, E. Fichot, G. Perrier, C. Maurain, L. Lapicque, J. Tilho, G. Durand-Viel.

Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. M. d'Ocagne, M. Molliard.

V. Navigation : *Prix du Ministère de la Marine, Plumey.* — MM. É. Picard, C. Lallemand, L. Lecornu, R. Bourgeois, M. Laubeuf, E. Borel, E. Fichot, G. Perrier, J. Drach, É. Jouguet, H. Villat, J. Tilho, L. de Broglie, A. Caquot, G. Durand-Viel.

Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. M. d'Ocagne, P. Langevin.

VI. Physique : *Prix Kastner-Boursault, Gaston Planté, François Hébert, Henri de Parville, Hughes, fondation Clément Félix.* — MM. É. Picard, É. Branly, M. Brillouin, J. Perrin, A. Cotton, M. de Broglie, C. Fabry, A. de Gramont, P. Langevin.

Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. A. Lacroix, L. de Broglie.

VII. Chimie : *Prix Montyon des arts insalubres, Jecker, fondation Cahours, prix Paul Marguerite de La Charlonie, Berthelot, Houzeau, fondation Charles-Adam Girard.* — MM. A. Lacroix, A. Béhal, G. Urbain, G. Bertrand, A. Desgrez, M. Delépine, R. Fosse, R. Lespieau, N....

Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. J. Perrin, M. de Broglie.

VIII. Minéralogie et Géologie : *Prix Delesse, Victor Raulin, Joseph Labbé.* — MM. A. Lacroix, C. Barrois, L. de Launay, P. Sabatier, A. Cotton, L. Cayeux, C. Jacob, C. Mauguin, N....

Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. J. Perrin, J. Tilho.

IX. Botanique : *Prix Desmazières, Montagne, Jean Thore, de La Fons Melicocq, de Coincy.* — MM. L. Bouvier, A. Lacroix, P.-A. Dangeard, G. Bertrand, M. Molliard, L. Blaringhem, A. Guilliermond, N..., N....

Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. R. Fosse, C. Pérez.

X. Anatomie et Zoologie : *Prix Cuvier, fondation Savigny.* — MM. A. d'Arsonval, L. Bouvier, A. Lacroix, P. Marchal, F. Mesnil, C. Gravier, H. Vincent, M. Caullery, C. Pérez.

Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. L. Cuénot, G. Moussu.

XI. Médecine et Chirurgie : *Prix Montyon, Barbier, Bréant, Godard, Mège, Bellion, Larrey, Argut, fonds Charles Bouchard, prix Jean Dagnan-Bouveret.* — MM. A. d'Arsonval, A. Lacroix, É. Branly, E. Leclainche, F. Mesnil, H. Vincent, C. Achard, L. Lapicque, A. Gosset, J.-L. Faure, P. Portier.

Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. C. Pérez, E. Sergent.

XII. Cancer et tuberculose : *Fondation Roy-Vaucouloux, prix Louise Darracq, Eugène et Amélie Dupuis, fondation Henriette Regnier.* — MM. F. Mesnil, H. Vincent, M. Caullery, C. Achard, L. Lapicque, A. Gosset, J.-L. Faure.

Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. G. Moussu, E. Sergent.

XIII. Physiologie : *Prix Montyon, Pourat, Philipeaux, Fanny Emden.* — MM. A. d'Arsonval, F. Mesnil, C. Gravier, H. Vincent, M. Molliard, M. Caullery, L. Lapicque.

Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. C. Pérez, P. Portier.

XIV. Statistique : *Prix Montyon.* — MM. É. Picard, L. Lecornu, É. Borel, M. d'Ocagne, H. Lebesgue, J. Drach, C. Maurain.

Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. E. Fichot, É. Cartan.

XV. Histoire et philosophie des sciences : *Prix Binoux.* — MM. É. Picard, L. Bouvier, L. de Launay, É. Borel, M. d'Ocagne, M. Caullery, L. de Broglie.

Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. G. Bertrand, H. Villat.

XVI. Ouvrages de sciences : *Prix Henri de Parville.* — MM. E. Leclainche, A. Cotton, É. Picard, A. Lacroix, et trois membres élus : MM. É. Borel, C. Gravier, M. d'Ocagne.

Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. H. Villat, M. Caullery, M. de Broglie.

XVII. *Médailles Arago, Lavoisier, Berthelot, Henri Poincaré.* — MM. E. Leclainche, A. Cotton, É. Picard, A. Lacroix.

XVIII. *Prix Gustave Roux, Thorlet, fondations Trémont, Gegner, Hirn, Henri Becquerel, Mme Victor Noury, Charles Frémont, Giffard, Lannelongue, Gibou, Alexandre Darracq, Girbal-Baral, Leroy-Drouault, Octave Mirbeau.* — MM. E. Leclainche, A. Cotton, É. Picard, A. Lacroix, R. Bourgeois, L. Bouvier.

XIX. *Prix fondé par l'État* (Grand prix des Sciences physiques). — MM. d'Arsonval, A. Lacroix, C. Barrois, P.-A. Dangeard, C. Gravier, M. Caullery, C. Pérez.

Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. L. Blaringhem, R. Fosse.

XX. *Prix Alhumbert* (Sciences physiques). — MM. A. Lacroix, P.-A. Dangeard, F. Mesnil, M. Molliard, G. Bertrand, M. Caullery, C. Pérez.

Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. G. Urbain, C. Gravier.

XXI. *Prix Bordin* (Sciences mathématiques) : MM. E. Picard, L. Lecornu, J. Hadamard, É. Borel, H. Lebesgue, É. Cartan, H. Villat.

Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. H. Deslandres, J. Drach.

XXII. *Prix Lallemand.* — MM. A. d'Arsonval, L. Bouvier, P. Marchal, F. Mesnil, C. Gravier, M. Caullery, A. Gosset.

Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. H. Vincent, L. Lapicque.

XXIII. *Prix Petit d'Ormoy* (Sciences mathématiques pures ou appliquées). — MM. É. Picard, L. Lecornu, J. Hadamard, É. Borel, H. Lebesgue, E. Fichot, É. Cartan.

Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. M. d'Ocagne, H. Villat.

XXIV. *Prix Petit d'Ormoy* (Sciences naturelles). — MM. L. Bouvier, A. Lacroix, P.-A. Dangeard, F. Mesnil, M. Caullery, L. Lapicque. C. Pérez.

Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. C. Gravier, M. Molliard,

XXV. *Prix Saintour* (Sciences mathématiques). — MM. É. Picard, É. Borel, M. d'Ocagne, H. Lebesgue, A. Cotton, C. Maurain, É. Cartan.

Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. M. de Broglie. H. Villat.

XXVI. *Prix Lonchampt.* — MM. A. d'Arsonval, A. Lacroix, E. Leclainche, F. Mesnil, G. Bertrand, G. Moussu, M. Javillier.

Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. M. Caullery, M. Delépine.

XXVII. *Prix Henry Wilde.* — MM. É. Picard, H. Deslandres, A. Lacroix, É. Borel, G. Bertrand, J. Perrin, E. Esclangon.

Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. C. Jacob, H. Villat.

XXVIII. *Prix Marquet* (Sciences physiques). — MM. A. Lacroix, P.-A. Dangeard, F. Mesnil, M. Caullery, R. Fosse, C. Jacob, C. Pérez.

Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. G. Bertrand, M. Molliard.

XXIX. *Prix du général Muteau.* — MM. É. Picard, A. Lacroix, R. Bourgeois, É. Borel, M. d'Ocagne, G. Perrier, G. Durand-Viel.

Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. J. Tilho, A. Caquot.

XXX. *Fondation H. Le Chatelier.* — MM. É. Picard, A. Lacroix; G. Charpy, L. Lumière, M. Laubeuf, G. Claude, L. Guillet, R. Esnault-Pelterie.

XXXI. *Fondation Millet-Ronssin.* — MM. A. Lacroix; L. Cayeux, C. Jacob; P.-A. Dangeard, A. Guilliermond; P. Marchal, F. Mesnil.

Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. C. Barrois, M. Molliard, C. Gravier.

XXXII. Recherches scientifiques : *Fondations Villemot, Carrière.* — MM. E. Leclainche, A. Cotton, É. Picard, A. Lacroix et douze membres qui seront élus ultérieurement.

CORRESPONDANCE.

Le **Comité d'Organisation** invite l'Académie à se faire représenter à la XVIIe session du *Congrès Géologique international*, qui aura lieu à Moscou du 20 au 29 juillet 1937.

M. le **Ministre de l'Agriculture** invite l'Académie à lui désigner cinq de ses Membres, qui feront partie du *Conseil supérieur des Recherches scientifiques agronomiques.*

M. le **Secrétaire perpétuel** signale parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° Joseph-Louis Lagrange, 1736-1936 (en langue russe).

2° Nicolas Théobald. *Les Insectes fossiles des terrains oligocènes de France.*

3° *Voyage zoologique d'*Henri Gadeau de Kerville *en Asie-Mineure* (*avril-mai* 1912). Tome premier, seconde et dernière Partie. *Mollusques terrestres et fluviatiles d'Asie-Mineure*, par Louis Germain.

4° *Morphologie des Gels lipoïdes. Myéline. Cristaux liquides. Vacuoles*, par J. Nageotte (*Actualités scientifiques et industrielles*, fasc. 431-434).

5° *Propriétés générales des fluides moteurs*, par M. Jean Villey.

Le **Secrétaire de The James F. Lincoln Arc Welding Foundation** annonce l'ouverture par cette fondation d'un concours doté de 200000 dollars de prix sur les travaux relatifs à la *soudure à l'arc.*

CALCUL DES PROBABILITÉS. — *Méthode de sélection des erreurs d'observation.* Note (¹) de M. **Antonio Calichiopulo**, présentée par M. Maurice d'Ocagne.

Comme on ne peut pas exécuter dans la pratique un nombre très grand de mesures d'une même grandeur, on ne peut pas être sûr que la distribution des erreurs qui en résulte suive rigoureusement la loi de fréquence de Gauss; alors il peut se présenter quelque doute sur l'admissibilité de quelques mesures qui s'écartent beaucoup de la valeur moyenne, et l'on se demande s'il est légitime de les éliminer.

On peut observer qu'il n'est pas suffisant d'éliminer au jugé *seulement* les mesures supérieures à une quantité donnée, car il pourrait se présenter des *groupements* de nombreuses mesures toutes très peu inférieures à la mesure ainsi fixée, et qui auraient une influence fâcheuse sur la valeur de la moyenne. On a proposé des *critériums de rejet* fondés sur le jugement subjectif du calculateur, et par conséquent très discutables.

Je propose une méthode *objective* pour exécuter une sélection *systématique*, à appliquer *toujours*, sans examen préalable des mesures. J'admets que les erreurs d'observation suivent la loi de fréquence de Gauss, et je ne m'arrête pas à des considérations sur les *caprices du hasard* qui peuvent se présenter quand le nombre des mesures n'est pas grand.

Dans une suite de n mesures on écarte les s d'entre elles qui sont le plus éloignées de la moyenne. On prend les extrêmes $+E_1$ et $-E_2$ des erreurs résidus des mesures restantes, la moyenne de leurs valeurs absolues, soit E. Comme on laisse au dehors la proportion s/n, cette valeur E devrait être dans un rapport donné (étant admise la loi de Gauss) avec l'écart probable e_p, ou l'écart moyen quadratique e_q. On utilise ainsi le fait qu'il y a n mesures, tout en écartant les plus éloignées de la moyenne. Si, par exemple, on écarte $s = 10/100 \times n$, alors E sera dans le rapport 2,44 à 1 avec l'erreur probable e_p, comme il résulte de la table (²) de Wuich.

On voit donc que la méthode de sélection ne consiste pas dans un rejet définitif, comme par la méthode de Legendre, selon laquelle on

(¹) Séance du 15 février 1937.

(²) J. Bertrand, *Calcul des probabilités*, 1907, p. 180-181.

TABLE DES APPLICATIONS.

Dénomination des mesures.	Mesures primitives. Moy.	N mesures.	Signes +	Signes −	e_a.	e'_q.	e_q.	$\frac{e_q}{e_a}$.	C.	Élimination simple (Legendre). N.	Signes +	Signes −	e_a.	e'_q.	e_q.	$\frac{e_q}{e_a}$.	C'.	e_q des « sélections » 10 %.	20 %.	25 %.	50 %.
Bessel-(déclinaison).....		300			1,297	1,615	1,627	1,2593	1,0049												
Bessel-(ascens. droite)...		300			1,182	0,227	0,228	1,2549	1,0014												
Baeyer-(mes. géodés.)...		54			1,165	1,456	1,549	1,3290	1,0605												
» (mêmes mesures).		28			0,995	1,244	1,335	1,3420	1,0709												
Bessel-(anneau Saturne).	39,308	40	23	17	0,155	0,194	0,202	1,3029	1,0397	36	18	18	0,125	0,156	0,15[illegible]	1,2720	1,0151	(+) 0,185			
» (I-10 mesures)..	39,20	10	5	5	0,188	0,235	0,224	1,1917	0,9610	9	5	4	0,172	0,215	0,210	1,2201	0,9736	0,194			
» (II-10 »)..	39,34	10	6	4	0,101	0,126	0,165	1,6335	1,3035	9	6	3	0,066	0,082	0,0[illegible]3	1,4003	1,1172	0,099			
» (III-10 »)..	39,37	10	6	4	0,054	0,067	0,073	1,3505	1,0777	6	5	4	0,053	0,06[illegible]	0,074	1,3986	1,1161	0,070			
» (IV-10 »)..	39,309	10	5	5	0,255	0,319	0,292	1,1446	0,9134	9	5	4	0,223	0,285	0,261	1,2458	0,9911	0,146			
» (V-20 »)..	39,27	20	11	9	0,146	0,182	0,193	1,3222	1,0551	18	10	8	0,113	0,141	0,157	1,3895	1,1087	0,179			
» (VI-20 dernières).	39,34	20	13	7	0,122	0,153	0,168	1,3776	1,0993	18	13	5	0,149	0,187	0,174	1,1675	0,9313	0,179			
» (40-sélec., 25 %).		40	–	–	–	–	–	–	–	30	15	15	0,088	0,110	0,112	1,2768	1,0188			0,187	0,170
Système de visée (*) :																					
(40 mesures).........		40	18	22	31,25	39,19	41,96	1,3380	1,0681	36	14	22	25,08	31,35	31,20	1,2293	0,9810	33,43			
(I- 8 mesures)......		8	3	5	16,50	20,60	22,30	1,3433	1,0719	6	2	4	10,00	12,50	14,40	1,4142	1,1285			17,32	
(II- 8 »)......		8	4	4	23,75	29,69	32,94	1,3835	1,1040	6	3	3	13,33	16,66	16,34	1,2375	0,9875			17,60	
(III-16 »)......		16	8	8	24,40	30,50	31,00	1,2710	1,0143	12	6	6	15,00	18,30	18,65	1,2431	0,9926			25,97	
(sélec. : 20 %)........		40	–	–	–	–	–	–	–	32	15	17	20,40	24,50	24,30	1,1945	0,9533		31,14		
(sélec. : 25 %)........		40	–	–	–	–	–	–	–	30	13	17	18,77	23,46	22,41	1,1945	0,9533			28",61	29",65

(*) Opérateurs peu habiles. (+) La moyenne simple des 36 mesures est 39",33; la moyenne pondérée qui en résulte 39",319,

e erreur; $e_a = \frac{\Sigma e}{n}$; $e'_q = e_a\sqrt{\frac{\pi}{2}} = 1,2533\, e_a$; $e_a = \sqrt{\frac{\Sigma e^2}{n-1}}$; $e_p = 0,674\, e_q$; $\frac{e_q}{e_a} = 1,2533$; $C = \frac{\frac{e_q}{e_a}}{1,2533}$ coef. de concord.

Avertissement. — Quand on essaye plusieurs sélections, on choisira le résultat plus favorable. La sélection 50 % est pour les séries très nombreuses de mesures, comme par exemple celles du tir à la cible avec les armes automatiques. On garde la meilleure moitié des points et la valeur de l'écart probable en hauteur sera donnée par la moyenne arithmétique des deux déviations les plus éloignées au-dessus et en bas du centre.

calcule la dispersion (et la valeur de la quantité) sur le groupe restant $n-s$, car dans la méthode de sélection l'erreur probable de l'exemple étant $e_p = E/2,44$, il correspond à ce qu'on obtiendrait si le groupe s était remplacé par un autre groupe parfaitement concordant avec la loi de Gauss et, par conséquent, la dispersion correspondra à n observations, dans lesquelles on a exécuté une *substitution* de s erreurs, et non une *élimination*. La connaissance de la *dispersion sélectionnée* a beaucoup d'importance pour les bouches à feu et pour les télémètres de l'artillerie. J'ai inclus dans la table ci-jointe des séries de mesures exécutées pour connaître l'erreur moyenne de collimation avec un système de visée aux deux yeux ouverts, employant des observateurs non entraînés.

Même si les mesures sont très précises (astronomie, haute géodésie), on peut admettre *a priori* la présence de mesures quelque peu au delà des limites, et la méthode conseille de faire également la sélection, car si, par hasard, la dispersion de la sélection coïncide avec celle des mesures primitives, la fréquence de ce cas correspondra parfaitement à la loi de Gauss. A plus forte raison la sélection apparaîtra *nécessaire* dans les cas de mesures peu nombreuses et faites sans beaucoup de soin (topographie, artillerie, etc.); voir l'exemple de collimations avec opérateurs peu habiles.

La valeur effective de la mesure ne pourra être ni celle de la moyenne des n mesures primitives, ni la moyenne des $n-s$ mesures, mais celle qui résulte de la *moyenne pondérée*, en attribuant à ces moyennes des poids inversement proportionnels à l'écart moyen des n mesures primitives et à l'écart moyen sélectionné (voir la table, anneau de Saturne).

GÉOMÉTRIE. — *Sur les suites de Laplace périodiques.* Note de M. **Ilie Popa**, présentée par M. Élie Cartan.

Les suites de Laplace périodiques jouissent d'un certain nombre de propriétés remarquables et quelques problèmes intéressants, considérés par Darboux, Guichard et MM. Tzitzéica et Bompiani, se rattachent à la considération de telles suites. On doit à M. Tzitzéica ce théorème : *toute suite de Laplace périodique, de période n, est immergée dans un espace projectif* S_{n-1} *à* $n-1$ *dimensions ou est la projection d'une telle suite* (1).

---

(1) G. Tzitzéica, *Géométrie différentielle projective des réseaux*, 1924, p. 174; dans ce livre on peut trouver une très claire exposition de toutes les questions se rattachant à la théorie des réseaux.

Dans un travail récent, M. Backes [2], en utilisant la méthode du repère mobile, a démontré le théorème suivant : *les diagonales d'un quadrangle gauche ayant comme sommets les quatre points d'une suite de Laplace périodique, de période 4, engendrent des congruences* W.

Parmi les diverses définitions d'une congruence W, on peut considérer la suivante : Si $p_{ik}=p_{ik}(u, v)$ $(i, k=1, 2, 3)$ sont les coordonnées d'une droite de la congruence W, les p_{ik} satisfont à une même équation aux dérivées partielles du second ordre. En passant de l'espace S_3 à un espace projectif S_n, on peut définir comme congruence W celle pour laquelle les $n(n+1)/2$ coordonnées $p_{ik}=p_{ik}(u, v)$ $(i, k=1, 2, \ldots, n)$ satisfont à une même équation aux dérivées partielles d'ordre $n-1$.

Pour la commodité de l'écriture il convient d'omettre les indices i, k des coordonnées p_{ik}; par contre, il est utile d'indiquer par des indices les points qui déterminent les droites qu'on a à considérer.

Ceci dit, considérons une suite de Laplace $[x]$. Les notations employées sont celles de Darboux, c'est-à-dire : le point x_i de la suite satisfait aux équations

$$(x_i)_{uv}+a_i(x_i)_u+b_i(x_i)_v+c_i x_i=0,$$

et

$$h_i=(a_i)_u+a_i b_i-c_i, \qquad k_i=(b_i)_v+a_i b_i-c_i$$

sont les invariants de Darboux.

Soit $p^0=(x_i, x_{i+2})$ les coordonnées de la droite passant par les points x_i, x_{i+2} de la suite. Posons

$$\rho_{i-j-1}p^{j+1}=\frac{\partial}{\partial u}\left\{\frac{\partial p^j}{\partial v}+(a_{i-j}+a_{i+j+2})p_j\right\}+(b_{i-j}+b)\left\{\frac{\partial p^j}{\partial v}+(a_{i-j}+a_{i+j+2})p^j\right\}$$
$$-[\lambda_{i-j}+h_{i+j+2}]p^j-\mu_{i-j+1}h_{i+j+1}p^{j-1},$$

où

$$\rho_{i-j-1}=\begin{cases} h_{i-j-1} & \text{si } i-j>0,\\ 1 & \text{si } i-j\leqq 0,\end{cases}$$

$$\lambda_{i-j}=\begin{cases} h_{i-j} & \text{si } i-j\geqq 0,\\ k_{i-j+1} & \text{si } i-j<0,\end{cases} \qquad \mu_{i-j+1}=\begin{cases} 1 & \text{si } i-j\geqq 0,\\ k_{i-j+1} & \text{si } i-j<0.\end{cases}$$

Remarquons que p^j est une expression aux dérivées partielles en p^0 d'ordre $2j$. On peut montrer, par induction complète, que

$$p^{j+1}=(x_{i-j-1}, x_{i+j+3}).$$

Cette formule nous montre que, si $(x_{i-j-1}, x_{i+j+3})=0$, c'est-à-dire si les

---

[2] F. Backes, *Bull. Ac. royale de Belgique*, (5), **21**, 1935, p. 883-892.

points x_{i-j+1} et x_{i+j+3} coïncident, donc si la suite de Laplace est périodique de période $2j+4$, alors les coordonnées p^0 de la droite passant par x_i, x_{i+2} satisfont à une équation aux dérivées partielles d'ordre $2j+2$ (les droites se trouvent, conformément au théorème de M. Tzitzéica, dans un espace à $2j+3$ dimensions). On a donc le théorème : *dans le cas des suites de Laplace périodiques* de périodes paires, *les droites passant par les transformés x_i, x_{i+2} engendrent des congruences* W (dans le sens indiqué).

Pour les suites de Laplace de périodes impaires le théorème n'est plus vrai, de même qu'il n'est plus vrai pour les droites (dans le cas de périodes paires) passant par x_i, x_j si $j \neq i+2$.

Les calculs effectifs pour les suites de période 5 donnent le résultat : Afin que la droite (x, x_2) engendre une congruence W (donc afin que es coordonnées p^0 satisfassent à une équation aux dérivées partielles du troisième ordre) on doit avoir la relation (invariante et intrinsèque)

$$(4h-3h_3)(4h_1-3h_3)-h_3\frac{\partial}{\partial u}\log\frac{h_1^3}{kk_{-1}^2}\ \frac{\partial}{\partial\sigma}\log\frac{h^3}{h_2h_3^2}=0. \tag{1}$$

On peut remarquer que la variété des plans $\pi^0=(xx_2x_3)$, dans les mêmes conditions, est telle que les coordonnées π_0 satisfassent à une équation aux dérivées partielles du troisième ordre s'il existe une certaine relation analogue à (1).

THÉORIE DES ENSEMBLES. — *Convexité d'une rondelle de surface $z=f(x,y)$ projetée sur le plan xOy suivant une figure convexe* K *et dont le* ptg_2 (= paratingent second) *est vide, sauf sur un ensemble punctiforme.* Note [1] de M. **Louis Pasqualini.**

I. M. G. Bouligand a montré [2] la convexité d'une telle rondelle en supposant le ptg_2 vide partout. J'ai prouvé qu'on peut omettre cette hypothèse en un point isolé de la surface [3]. Je vais montrer ici qu'on peut l'omettre sur un ensemble punctiforme E quelconque, en utilisant les définitions des points c, c_+, c_-, n [4] données antérieurement et la pro-

---

(1) Séance du 22 février 1937.

(2) G. Bouligand, *Introd. à la Géom. inf. directe*, Paris, 1932, p. 139.

(3) L. Pasqualini, *Bull. Ac. Roy. Belg.*, 22, 1936, p. 1050-1058.

(4) L. Pasqualini, *Comptes rendus*, 204, 1937, p. 222 (la Note citée reproduit ces définitions).

priété d'un point où le ptg_2 est vide d'être un point c ([5]). L'ensemble $\{n\}$ des points n éventuellement contenus dans E serait à la fois punctiforme et fermé : nous verrons qu'il est vide. Les points de la rondelle étrangers à E étant tous, ou des c_+, ou des c_- (deux points exclus de E pouvant se joindre par un continu ne portant aucun point de E, nous pourrons les supposer tous des c_+ (sens strict), admettre enfin que la cote f est $>$ o en tout point de K.

II. CAS PARTICULIER. — E *se projette sur* xOy *suivant un ensemble punctiforme* e *porté par un segment* s *de droite*. — Je dis que le volume V limité par la rondelle, le cylindre projetant son bord et l'aire K du plan xOy est convexe : c'est-à-dire qu'en prenant deux points quelconques A et B de V, le segment AB appartient tout entier à V.

1° $\overline{ab}$ *ne porte entre ses extrémités aucun point de* e. — On peut découper sur la surface une rondelle σ, n'admettant comme points intérieurs que des points c_+ et dont la projection sur xOy inclue le segment $\overline{ab}$. En effet, l'existence de σ est évidente quand $\overline{ab}$ ne coupe pas le segment s. Supposons que $\overline{ab}$ coupe s au point m. Le point m étant projection d'un point c_+, on peut décrire un cercle assez petit de centre m pour que tout point de la surface projeté dans ou sur ce cercle soit un c_+. Appelons p et q les points où le segment s coupe ce cercle; le quadrilatère convexe $abpq$ peut être pris pour la projection de σ sur K. Le volume ν limité par σ, par la surface prismatique projetant son bord et par l'aire convexe $apbq$ est convexe. Donc $\overline{AB}$ appartient à ν, et, par suite, à V.

2° $\overline{ab}$ *porte entre ses extrémités un point* g *de* e. — L'ensemble e étant punctiforme, on peut trouver dans le plan xOy une suite de points b_i tendant vers b, telle que les $\overline{ab_i}$ n'admettent aucun point de e pour point intermédiaire. On pourra donc former une suite de points B_i de V tendant vers B et projetés resp. aux b_i. D'après le 1°, les $\overline{AB_i}$ appartiennent tous à V; il en sera de même de leur limite $\overline{AB}$.

3° $\overline{ab}$ *est pris sur le segment* s. — On forme alors une suite $\{\overline{A_iB_i}\}$ de segments de V tendant vers $\overline{AB}$ (en prenant leurs projections parallèles à $\overline{ab}$).

III. CAS GÉNÉRAL. — E *est un ensemble punctiforme quelconque*. — Sur la rondelle, les points exclus de E sont des points c_+, les points de E sont des c_+ ou des n. Conservons les mêmes notations et montrons que si un segment AB a ses extrémités dans V, il appartient à V.

1° $\overline{ab}$ *ne porte aucun point de* e *entre ses extrémités*. — Les points de la rondelle

([5]) En un point c, au sens strict, le ptg_2 peut ne pas être vide; par exemple, en un point quelconque d'une surface cylindrique convexe, la génératrice est une ptg_2.

projetés en un point intermédiaire de $\overline{ab}$ sont des c_+ : ils forment un arc $\alpha\beta$ convexe dans son ensemble, vu le n° 9 de mon travail ([2]). Donc $\overline{AB}$ appartient à V.

2° *$\overline{ab}$ porte des points de e,* le *point a est exclu de e* (pour abréger, je dirai qu'un point de K, projection d'un point c_+ ou d'un point n de la rondelle est lui-même c_+ ou n). — Je dis qu'on peut trouver une suite de segments $\overline{ab_i}$ rendant vers $\overline{ab}$ et n'ayant aucun point n comme point intermédiaire : sinon, il existerait un secteur circulaire de sommet a, de rayon ab, et d'angle $\varphi \neq 0$, dont chaque rayon porterait des points n, le segment $\overline{ab}$ serait intérieur au secteur; considérons la collection des points n, portée par un rayon variable ax, quand ax tend vers ab de toutes manières possibles, les limites des n, forment, d'après M. G. Bouligand, l'accumulatif de la collection sur $\overline{ab}$; $\{n\}$ étant fermé, cet accumulatif fait partie de la collection des n portée par $\overline{ab}$ (il y a semi-continuité supérieure d'inclusion). Inversement, tout point m de $\overline{ab}$, qui est un n, fait partie de l'accumulatif porté par $\overline{ab}$, sinon, il y aurait un cercle assez petit de centre m pour ne contenir aucun n hors de $\overline{ab}$: c'est impossible, d'après le 1°. On déduit de cette étude que lorsque le rayon ax, tournant autour de a, balaye le secteur, le premier n sur ax à partir de a décrit un arc simple, ce qui contredirait la punctiformité de $\{n\}$ et établit l'existence de la suite des $\overline{ab_i}$.

3° *a* et *b sont points de e.* — On peut former une suite de segments $\overline{a_ib_i}$ tendant vers $\overline{ab}$, les a_i étant tous exclus de e; ce qui suffit à prouver que $\overline{AB}$ appartient à V.

Le volume V étant convexe, la rondelle étudiée est convexe. (C. Q. F. D.)

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur une généralisation de la formule d'Euler-MacLaurin.* Note de M. **Jean Delsarte**, présentée par M. Henri Villat.

J'ai montré ailleurs que la formule d'Euler-MacLaurin, comme la formule de Taylor, n'était qu'un cas particulier d'une formule plus générale applicable à une classe étendue d'opérateurs du groupe des translations; la généralisation que j'ai donnée ([1]) de la formule de Taylor peut se poursuivre dans la même direction et conduit à une nouvelle extension de la formule d'Euler-MacLaurin.

Reprenons nos notations antérieures; soit $\mathfrak{d}$ un opérateur linéaire possédant un spectre continu, les fonctions propres correspondantes étant

$$j_\lambda(x) = \varphi_0(x) + \lambda\,\varphi_1(x) + \ldots + \lambda^n\,\varphi_n(x) + \ldots,$$

([1]) *Comptes rendus*, 204, 1937, p. 468.

et posons encore

$$T^y = \varphi_0(y)E + \varphi_1(y)\delta + \ldots + \varphi_n(y)\delta^n + \ldots,$$
$$\tilde{T}^y_x = T^x_y.$$

Nous dirons qu'un opérateur linéaire Δ est attaché à la famille des opérateurs T^y lorsqu'il est permutable avec tous les opérateurs $\tilde{T}^y$; il est nécessaire et suffisant pour cela, qu'il soit de la forme

$$\Delta_x[f(\xi)] = \alpha\{T^\xi_x[f(\eta)]\}.$$

α étant une fonctionnelle linéaire quelconque; parmi ces opérateurs Δ figurent les opérateurs T^y eux-mêmes. Si l'on prend pour δ l'opérateur de dérivation

$$\delta_x = \frac{d}{dx},$$

T^y est l'opérateur de translation

$$T^y_x[f(\xi)] = \tilde{T}^y_x[f(\xi)] = f(x+y),$$

et les opérateurs Δ sont connus sous le nom d'opérateurs du groupe des translations.

On vérifie sans peine que

$$\Delta_x[j_\lambda(\xi)] = A(\lambda) j_\lambda(x),$$

où la fonction $A(\lambda)$ définie par

$$A(\lambda) = \alpha[j_\lambda(\xi)]$$

est l'indicatrice de l'opérateur Δ.

Nous dirons que l'opérateur Δ est régulier lorsque $A(0)$ n'est pas nul et que $A(\lambda)$ est holomorphe dans un voisinage de l'origine du plan des λ; on peut alors définir des fonctions bernoulliennes analogues aux polynomes de Bernoulli, par le développement

$$\frac{j_\lambda(x)}{A(\lambda)} = \mathcal{B}_0(x) + \lambda\mathcal{B}_1(x) + \ldots + \lambda^n\mathcal{B}_n(x) + \ldots,$$

$\mathcal{B}_n(x)$ est une combinaison linéaire de $\varphi_0, \varphi_1, \ldots, \varphi_n$; et l'on a

$$\Delta_x[\mathcal{B}_n(\xi)] = \varphi_n(x),$$
$$\delta_x[\mathcal{B}_n(\xi)] = \mathcal{B}_{n-1}(x) \qquad (n \neq 0),$$
$$\delta_x[\mathcal{B}_0(\xi)] = 0.$$

On démontre la formule suivante, qui est l'extension que nous avions en

vue de la formule d'Euler-Mac Laurin,

$$\mathrm{T}_x^y[f(\xi)] = \sum_{p=0}^{n} \mathcal{B}_p(y)\,\Delta_x\{\mathfrak{d}_\xi^{(p)}[f(\eta)]\}$$
$$+\,\alpha\left(\mathfrak{i}_{xy}\{\mathfrak{d}_\xi^{(n+1)}[f(\zeta)]\,\mathrm{T}_\eta^\theta[\mathcal{B}_n(\zeta)]\} - \mathfrak{i}_{x\theta}\{\mathfrak{d}_\xi^{(n+1)}[f(\zeta)]\,\mathrm{T}_y^\eta[\mathcal{B}_n(\zeta)]\}\right).$$

Dans l'expression du reste, la fonctionnelle α joue sur la variable θ. En définissant cette fonctionnelle par

$$\alpha[f(\xi)] = f(0),$$

on retrouve la formule de Taylor généralisée

$$\mathrm{T}_x^y[f(\xi)] = \sum_{p=0}^{n} \varphi_p(y)\,\mathfrak{d}_x^{(p)}[f(\xi)] + \mathfrak{i}_{xy}\{\varphi_n(\eta)\,\mathfrak{d}_\xi^{(n+1)}[f(\zeta)]\}.$$

Si $\mathfrak{d}$ est l'opérateur de dérivation, l'opérateur $\mathfrak{i}$ prend la forme

$$\mathfrak{i}_{xy}[\varphi(\xi, \eta)] = \int_0^y \varphi(x+y-u,\, u)\,du,$$

et il vient aisément

$$f(x+y) = \sum_{p=0}^{n} \mathcal{B}_p(y)\,\Delta_x[f^{(p)}(\xi)] - \alpha\left[\int_0^{\xi-y} \mathcal{B}_n(y+\eta)\,f^{(n+1)}(x+\xi-\eta)\,d\eta\right],$$

qui n'est autre que la formule d'Euler-Mac Laurin généralisée telle que nous l'avions établie antérieurement [2].

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur la réduction des équations différentielles linéaires et homogènes à des équations à coefficients constants.* Note de M. **Joseph Fayet**, présentée par M. Jean Chazy.

Au moyen des invariants différentiels, Halphen et M. Peyovitch [1] ont obtenu les conditions nécessaires et suffisantes que doivent vérifier les

---

[2] *Journal de Mathématiques pures et appliquées*, **14**, IV, 1935, p. 403.

[1] Halphen, *Mémoires présentés par divers savants à l'Académie des Sciences*, **28**, n° 1, 1888, p. 114; Tadya Peyovitch, *Bulletin de la Société Mathématique de France*, **43**, 1925, p. 208.

coefficients a_i, fonctions de la variable x, pour que l'équation d'ordre n

$$(1) \qquad f(y) \equiv y^{(n)} + a_1 y^{(n-1)} + \ldots + a_n y = 0,$$

soit réductible, par le changement simultané de variable et de fonction

$$(2) \qquad y = \lambda(x) z; \qquad dt = u(x)\, dx,$$

à une équation

$$(3) \qquad \varphi(z) \equiv \frac{d^n z}{dt^n} + A_1 \frac{d^{n-1} z}{dt^{n-1}} + \ldots + A_n z = 0$$

où les A_i sont constants.

On peut obtenir ces résultats directement, en effectuant la substitution (2). On a des calculs plus simples, en utilisant les résultats suivants, que nous avons obtenus.

I. *Pour que l'équation* (1) *soit réductible à une équation* (3), *au moyen de la substitution* (2), *il faut et il suffit qu'il existe quatre fonctions de* x : G ; g ; μ ; ν, *telles que l'on ait l'identité* :

$$(4) \qquad G f(\mu y' + \nu y) \equiv \frac{d}{dx}[g f(y)].$$

On montre que cette condition est nécessaire et suffisante en remarquant que toute équation (3) à coefficients constants satisfait à l'identité

$$(5) \qquad \varphi\left(\frac{dz}{dt}\right) \equiv \frac{d}{dt}\varphi(z),$$

et que cette identité (5) caractérise une équation linéaire et homogène à coefficients constants. On obtient, pour G, g, μ et ν, les expressions

$$(6) \qquad G = \frac{1}{\lambda u^{n-1}}, \qquad g = \frac{1}{\lambda u^n}; \qquad \mu = \frac{1}{u}, \qquad \nu = -\frac{\lambda'}{\lambda u}.$$

II. L'identité (4) permet d'obtenir les deux résultats suivants :

1° *Pour que l'équation* (1) *soit réductible, par une substitution* (2) *à une équation* (3) *à coefficients constants, il faut et il suffit qu'il existe deux fonctions* μ *et* ν *telles que toute solution de* (1) *soit solution de l'équation*

$$(7) \qquad f(\mu y' + \nu y) = 0;$$

2° *Lorsque l'équation* (1) *est réductible, par une substitution* (2), *à une équation* (3) *à coefficients constants, on peut obtenir la solution générale de* (7).

Cela résulte de l'énoncé 1° et des remarques suivantes :

a. Si (1) est réductible, (1) est intégrable ;

b. L'équation (7), qui peut s'écrire, d'après (6),

$$f\left(\frac{1}{u}y' - \frac{\lambda'}{\lambda u}y\right) = 0$$

admet la solution $y = \lambda$.

Si l'on écrit, en désignant par C_i des constantes, la solution générale de l'équation (3) à coefficients constants sous la forme : $y = \Sigma C_i z_i(t)$ $(i = 1, 2, \ldots, n)$ et si, dans les formules suivantes, on suppose t remplacé en fonction de x, tandis que C est une constante, la solution générale de (7), si l'on a $An \neq 0$ dans (3) est

$$(8) \qquad y = C\lambda(x) + \sum C_i \lambda(x) z_i(t) \qquad (i = 1, 2, \ldots, n).$$

Si l'on a $A_j = 0\,[j = n;\ n-1;\ n-2;\ \ldots;\ n-q+1]$; $A_{n-q} \neq 0$, la solution générale de (7) s'obtient en remplaçant dans la formule (8) $C\lambda(x)$ par $C\lambda(x)t^q$.

Ces formules se simplifient si l'on a $u = 1$ ou $\lambda = 1$. Dans ce dernier cas, on obtient la propriété suivante :

Si une équation (1) *est réductible à une équation à coefficients constants par un changement de la variable seule $dt = u(x)dx$, et si le coefficient a_n n'est pas identiquement nul dans* (1), *les courbes intégrales de $f(y'\,1/u) = 0$ se déduisent des courbes intégrales de* (1) *par une translation parallèle* à Oy [2].

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Sur le principe de Lindelöf et les valeurs asymptotiques d'une fonction méromorphe d'ordre fini.* Note de M. **Pierre Lelong**.

I. Le résultat, connu [1] pour une fonction entière bornée sur l'axe réel :

$$(1) \qquad \underline{\lim}\,\frac{\mu(r, w)}{r} > 0, \qquad \mu(r, w) = \int_0^\pi \overset{+}{\log}\,|w(re^{i\varphi})|\sin\varphi\,d\varphi,$$

peut s'étendre à une fonction $w(z)$ méromorphe dans le demi-plan $0 \leqq \varphi \leqq \pi$ avec les hypothèses suivantes :

---

[2] Voir au sujet de ce cas particulier, Fayet, *Revista Matematica hispano-americana*, 11, n° 3, 1936, p. 49; Rey Pastor, *Ibid.*, 11, n° 3, 1936, p. 71.

[1] F. et R. Nevanlinna, *Acta Societatis scientiarum fennicae*, 50, n° 5, 1922, p. 1.

a. il existe un chemin L de ce demi-plan sur lequel $w(z)$ converge vers l'infini avec une rapidité caractérisée par la croissance de la fonction

$$\varphi(r) = \underline{\lim} \log |w(z)| \quad \text{pour} \quad |z| \geqq r \text{ sur } L;$$

b. le nombre des pôles de modules inférieurs à r étant désigné par $n(r)$, on a

$$\overline{\lim} \frac{n(r)}{r^\lambda} = 0 \qquad \text{et} \qquad \underline{\lim} \frac{\varphi(r)}{r^{\lambda'}} > 0 \qquad \text{avec } \lambda' > \lambda \text{ (convergence prépondérante).}$$

Dans ces conditions *le résultat* (1) *subsiste* et donne, dans le cas où $n(r)$ et $\varphi(r)$ sont de croissance moins rapide que celle de r, une limitation meilleure que l'inégalité

$$(2) \qquad \underline{\lim} \frac{\mu(kr, w)}{\varphi(r)} > 0, \qquad (k \text{ fini}),$$

laquelle résulte directement des hypothèses faites.

II. Il semble donc utile de tenir compte de la rapidité de la convergence dans l'étude d'une valeur asymptotique a_i d'une fonction $w(z)$ méromorphe dans le plan. Entourons la singularité $w = a_i$ située sur la surface de Riemann R, d'un cercle $|w - a_i| = \rho$, et prolongeons $z(w)$ à l'intérieur de ce cercle : on parcourt ainsi un morceau de R qui est représenté sur le plan des z suivant un continu D_ρ. Si sur D_ρ la valeur a_i est exceptionnelle au sens de M. Picard, a_i est, suivant M. Iversen, une singularité directe. M. Ahlfors a montré ([2]) que, si $w(z)$ est d'ordre p, le nombre de telles singularités est au plus $2p$, dès qu'il y a plus d'une valeur asymptotique. Cette limitation subsiste-t-elle quand on fait entrer en ligne de compte certaines singularités indirectes ? Bornons-nous à donner un exemple simple qui permet de le présumer, et dont l'étude ne soulève pas de problème nouveau de déformation conforme : nous supposerons que la frontière de D_ρ contienne un arc de courbe C_ρ compris entre deux asymptotes rectilignes d'angle θ_i et limitant un domaine d_i qui contient l'extrémité du chemin de détermination L_i. Relativement à d_i et à L_i, supposons réalisée la prépondérance de convergence définie plus haut : alors, en se servant du théorème de Carathéodory ([3]) sur la dérivée

([2]) AHLFORS, *Acta Acad. Aboensis*, 6, n° 9, 1932, p. 1. Cf. également l'ouvrage de M. R. NEVANLINNA, *Eindentige analytische Funktionen*, 1936, p. 292.

([3]) *Sitzungsberichte der preuss. Akad. Wissenschaften*, 1929, p. 39.

angulaire, on obtient

$$(3)\qquad \underline{\lim}\,\frac{m(r, w)}{r^{\alpha}} > 0, \qquad \alpha = \frac{\pi}{\theta_i}, \qquad m(r, w) = \int_0^{\pi} \overset{+}{\log} |w(r e^{i\varphi})|\, d\varphi,$$

ainsi que

$$(4)\qquad \underline{\lim}\,\frac{m(kr, w)}{\varphi(r)} > 0,$$

comme conséquences de (1) et (2) respectivement.

Pour chaque valeur asymptotique a_i de l'espèce considérée, *on a donc* $\theta_i \geqq \pi/p$. *Le nombre* q *de telles singularités est au plus* $2p$, p étant l'ordre de $w(z)$. Si $p = q/2$, tous les angles d'ouverture valent π/p.

Dans quels cas ces singularités peuvent-elles entraîner une déficience de la valeur considérée ? Supposant $T(r)$ du type moyen, on voit que :

a, si d_i est d'ouverture π/p, la valeur a_i est déficiente d'après (3);

b, la convergence est dans tous les cas d'ordre p au plus. Supposons $\lambda' = p$: alors la valeur asymptotique est encore déficiente d'après (4).

HYDRODYNAMIQUE. — *Sur les oscillations auto-entretenues des extrémités de tubes élastiques déversant un courant continu de fluides et celles d'anches libres encastrées amont.* Note [1] de M. **F.-J. Bourrières**, présentée par M. M. Brillouin.

J'ai communiqué [2] mes expériences relatives à l'auto-oscillation plane d'extrémités libres de tubes élastiques écoulant un courant continu de fluides (eau ou air). Depuis cette date, j'ai constaté que, soit en jet limité, soit en courant indéfini, l'anche libre parallèle au courant et encastrée amont, obéit qualitativement aux mêmes lois.

J'ai fait aussi l'analyse mécanique rigoureuse des mouvements de l'extrémité du tube (transposable à l'anche).

J'assimile le jet intérieur à une file de points matériels sans discontinuité et de longueur invariable (fil infiniment souple). L'application des équations du mouvement des fils, et un changement de variable, ramenant toutes les origines au point d'encastrement, fournit, pour les petits mouvements

$$\mathrm{EI}\,\frac{\partial^4 y}{\partial x^4} + (\rho \mathrm{S} + \mathrm{P}\Sigma)\,\frac{\partial^2 y}{\partial t^2} + 2\,\mathrm{U}\,\frac{\partial^2 y}{\partial x \partial t} + \mathrm{U}^2\,\frac{\partial^2 y}{\partial x^2} = 0,$$

(1) Séance du 22 février 1937.

(2) *Comptes rendus*, 194, 1932, p. 49.

où E et I sont le coefficient d'élasticité du tube et le moment d'inertie de sa section, ρS sa densité linéaire, $P\Sigma$ celle du jet fluide, U la vitesse de celui-ci.

J'ai pu représenter les faits expérimentaux par l'intégrale particulière (*onde à vitesse variable*)

$$y = \sum_{n=1}^{n=4} (A_n \sin b_n x + E_n \cos b_n x) \sin(\alpha t + \beta x) + (\mathcal{A}_n \sin b_n x + \mathcal{E}_n \cos b_n x) \cos(\alpha t + \beta x),$$

de la manière suivante :

J'ai les deux équations caractéristiques

$$f(\alpha^2, \beta^2) = 0, \qquad h(\beta^2, b^2) = 0.$$

Je prends *a priori* α réel et positif. L'équation $f = 0$ du troisième degré en β^2 a alors une racine toujours réelle et positive. Je l'adopte. L'équation $h = 0$ est bicarrée en b. J'en prends les racines, réelles ou imaginaires conjuguées, pour b_1, b_2, b_3, b_4, qui sont ainsi fonction de α seul.

Dans ces conditions, il m'a été possible de déterminer des constantes arbitraires A_n, E_n, $\mathcal{A}_n$, $\mathcal{E}_n$ imaginaires, fonctions de α (à un facteur près), de manière à avoir toujours : 1° un y réel ; 2° satisfaire aux conditions aux limites d'encastrement $0 \equiv y(0) \equiv y'(0)$, et d'extrémité libre L, $0 \equiv y''(L) \equiv y'''(L)$. De plus l'élimination des constantes fournit un déterminant transcendant, assez compliqué

$$F(\alpha, L) = 0.$$

Analytiquement, il semblerait nécessaire d'adjoindre des conditions initiales spéciales pour avoir précisément la solution y. En fait, l'expérience y *conduit* toujours l'auto-oscillation limite. Cela m'est encore inexpliqué.

En ce qui concerne l'auto-entretien, j'en ai eu les conditions par le raisonnement suivant, suggéré par la vue du phénomène. J'ai remarqué que, dans mon système, la *vitesse relative* forcée *à la sortie* du tube était égale à la *vitesse absolue* forcée *à l'entrée*, au point fixe d'encastrement. J'ai écrit que, pour l'entretien, l'énergie cinétique absolue du fluide à la sortie devait être *en moyenne* égale (ou inférieure) à l'énergie cinétique à l'entrée. (La sorte de serpentement de l'intégrale y permet en effet une manière de recul de l'extrémité).

Comme au point de déversement, on a

$$V_a^2 = V_r^2 + V_e^2 + 2 V_e V_r \sin \alpha,$$

où a est l'inclinaison de la tangente $\cong \partial y/\partial x$, avec $|V_a| = U = |V_r|$, il reste à écrire

$$\int_0^{2T} V_e^2 \frac{dt}{T} + 2\int_0^{2T} V_e U \sin a \frac{dt}{T} = 0,$$

où $V_e = \partial y/\partial t$. Il reste, toute substitution faite, la condition pour la période critique T d'auto-oscillation

$$-\frac{\alpha}{\xi} = 2U.$$

Cette relation, portée dans la première des équations caractéristiques, donne

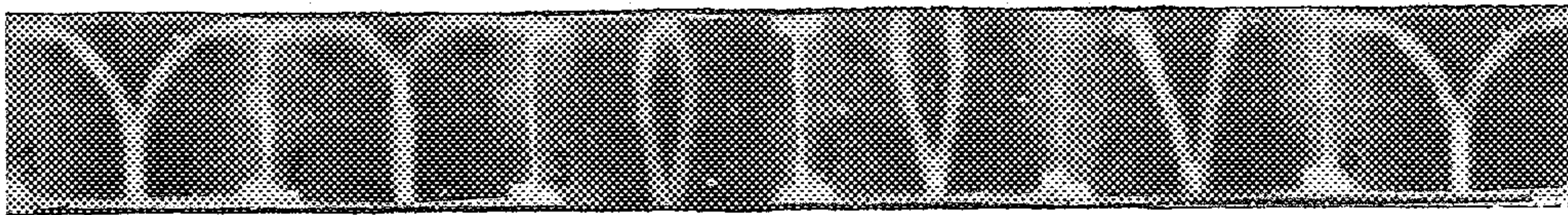
$$T = \frac{2\pi\sqrt{EI.\rho S}}{U^2 P\Sigma} \frac{1}{\sqrt{-(m+2)+\sqrt{m^2+7m+4}}} \qquad \text{avec } m = \frac{\rho S}{P\Sigma}.$$

Pour l'air (m grand) il reste

$$T = \frac{2\pi}{\sqrt{1.5}} \frac{\sqrt{EI.\rho S}}{U^2 P\Sigma},$$

formules vérifiées à 10 pour 100 pour l'air, 25 pour 100 pour l'eau.

La stroboscopie en double des auto-oscillations a manifesté leur identité avec le type y (onde de flottement élastique).



La suite de vues ci-dessus (demi-période, de gauche à droite) montre l'équivalent optique d'une stroboscopie en double d'auto-oscillations d'une extrémité de tube déversant de l'air. Ce sont des instantanés (négatifs) superposés à leur symétrique. Le tube est encastré au bas de la figure $D = 1^{cm},4$, $n = 3$. On voit l'onde naître au point d'encastrement et se propager à vitesse variable, en s'épanouissant vers le haut.

MÉCANIQUE APPLIQUÉE. — *Sur l'assortiment des engrenages hélicoïdaux.* Note (1) de M. JEAN CAPELLE, présentée par M. Henri Villat.

Les engrenages dont la denture est un hélicoïde développable constituent la majeure partie des engrenages industriels; ils forment un *assortiment*, quel que soit l'entre-axes; mais si les conditions de cet assortiment

(1) Séance du 22 février 1937.

sont parfaitement connues dans le cas où les axes sont parallèles, il n'en est pas de même dans le cas de l'*engrenage gauche*. Or celui-ci est d'un emploi très fréquent : ainsi, dans le cas du taillage par vis-mère Pfauter, l'ensemble flan-vis-mère constitue un engrenage gauche hélicoïdal; or la surface de détalonnage de la vis est obtenue couramment à partir de l'*idée fausse* [2] que le profil de la vis théorique doit être rectiligne en section axiale, mais, comme on constate qu'un tel profil donne lieu à des « interférences », on le retouche *empiriquement* pour obtenir un profil donnant des résultats satisfaisants, lequel doit être précisément une section de l'hélicoïde développable équivalent à la vis-mère.

En outre, et contrairement à une opinion courante [3], l'engrenage hélicoïdal gauche cesse de fonctionner correctement si l'on fait varier l'entre-axes sans modifier l'angle des axes : il y a donc lieu de tenir compte de cette propriété dans la réalisation d'un engrenage gauche à entre-axes variable : par exemple dans la détermination de la position relative du flan et de la vis-mère, après chaque affûtage.

L'hélicoïde développable a trois éléments : le rayon r de son noyau, son angle spiral α et son sens.

Soient φ l'angle de pression, T la trace sur le primitif P de la face plane N de la crémaillère, $\mathcal{C}$ le primitif de la roue tangent à P le long de Δ, β l'angle aigu $\widehat{\Delta, T}$, et ξ la caractéristique de N. Le plan d'engrènement ϖ enveloppe par rapport à la roue le noyau c de l'hélicoïde $\mathcal{D}$ engendré par ξ. Soient R et r les rayons de $\mathcal{C}$ et c. On a deux relations entre α, β, r, R et φ. De plus, le sens de $\mathcal{D}$ est le même que celui de l'hélicoïde qui serait engendré par T avec $\mathcal{C}$ pour noyau. Remarquons qu'un même hélicoïde $\mathcal{D}$ peut être enveloppé par une infinité de crémaillères.

Cela posé, considérons deux roues formant un engrenage gauche hélicoïdal : affectons les notations précédentes de l'indice 1 ou 2 selon la roue envisagée et supposons $\mathcal{C}_1$ et $\mathcal{C}_2$ de part et d'autre du primitif des crémaillères en coïncidence. Connaissant β_1, R_1, β_2, R_2 et φ on en déduit α_1, r_1, α_2, r_2 d'une manière unique. De plus, si les angles adjacents à T dans le triangle T$\Delta_1\Delta_2$ sont aigus tous les deux, $\mathcal{D}_1$ et $\mathcal{D}_2$ sont de même sens, et

(2) Déjà signalée comme telle par M. Pérignon, *Les procédés modernes de taille des engrenages*, Paris, 1931.

(3) Énoncée par exemple par M. Pérignon, *Théorie et Technologie des engrenages*, I, p. 229, Paris, 1932.

l'angle des axes est $(\beta_1+\beta_2)$; sinon $\mathcal{O}_1$ et $\mathcal{O}_2$ sont de sens contraires, et l'angle des axes est $|\beta_1-\beta_2|$.

Inversement, si l'on se donne $\mathcal{O}_1$, $\mathcal{O}_2$ et l'entre-axes d $(d>r_1+r_2)$, on en déduit β_1, R_1, β_2, R_2 et φ d'une manière unique.

En particulier, si $\alpha_1=\alpha_2=\alpha$, on a $\beta_1=\beta_2$ et la valeur commune β de ces deux derniers angles est donnée par

$$\sin\beta=\frac{1}{\sqrt{1+\left(\frac{r_1+r_2}{d}\right)^2\cot^2\alpha}};$$

si $\mathcal{O}_1$ et $\mathcal{O}_2$ sont de sens contraires, ils définissent bien un engrenage à axes parallèles quel que soit d (et c'est le seul cas où deux hélicoïdes $\mathcal{O}_1$ et $\mathcal{O}_2$ peuvent constituer un tel engrenage); mais s'ils sont de même sens, l'angle des axes 2β dépend bien de d; *a fortiori*, en est-il ainsi dans le cas général.

Remarquons que l'engrenage est à contact linéaire dans les deux cas suivants : (1) $\varphi=0$ et (2) $\alpha_1=\alpha_2$ avec $\mathcal{O}_1$ et $\mathcal{O}_2$ de sens contraires.

Remarquons enfin que, si A, B, C sont trois roues hélicoïdales successives d'un train d'engrenages à axes parallèles, leurs angles spiraux sont égaux, et, comme A et C sont de même sens, elles engrènent correctement en formant un engrenage gauche : il est facile d'en faire l'expérience.

MÉCANIQUE APPLIQUÉE. — *Machine pour classer les combustibles liquides d'après leur avance à l'inflammation dans les conditions d'emploi des moteurs à allumage par compression.* Note [1] de **Pierre Clerget**, présentée par M. Albert Caquot.

Le délai d'allumage est généralement évalué en nombre de cétène suivant la méthode de M. Boerlage. Sa détermination pratique se fait soit avec un moteur C. F. R. spécial à injection, soit avec le moteur C. F. R à explosion usuel, en utilisant le procédé de détection indiqué par M. Dumanois. Il était intéressant de vérifier si, pour les variations considérables du nombre de cétène, il y avait concordance entre le nombre de cétène et les délais d'allumage mesurés effectivement.

A cet effet nous avons cherché à réaliser une machine permettant de classer les combustibles dans les conditions se rapprochant le plus possible

(1) Séance du 22 février 1937.

de celles des moteurs. La machine comporte la culasse cylindrique à fenêtre et le procédé d'enregistrement de flamme de M. R. Duchêne, adapté pour l'injection en collaboration avec MM. Aubert et Clerget. Ces dispositifs ont déjà fait l'objet de Communications (²). Le mécanisme est entraîné par

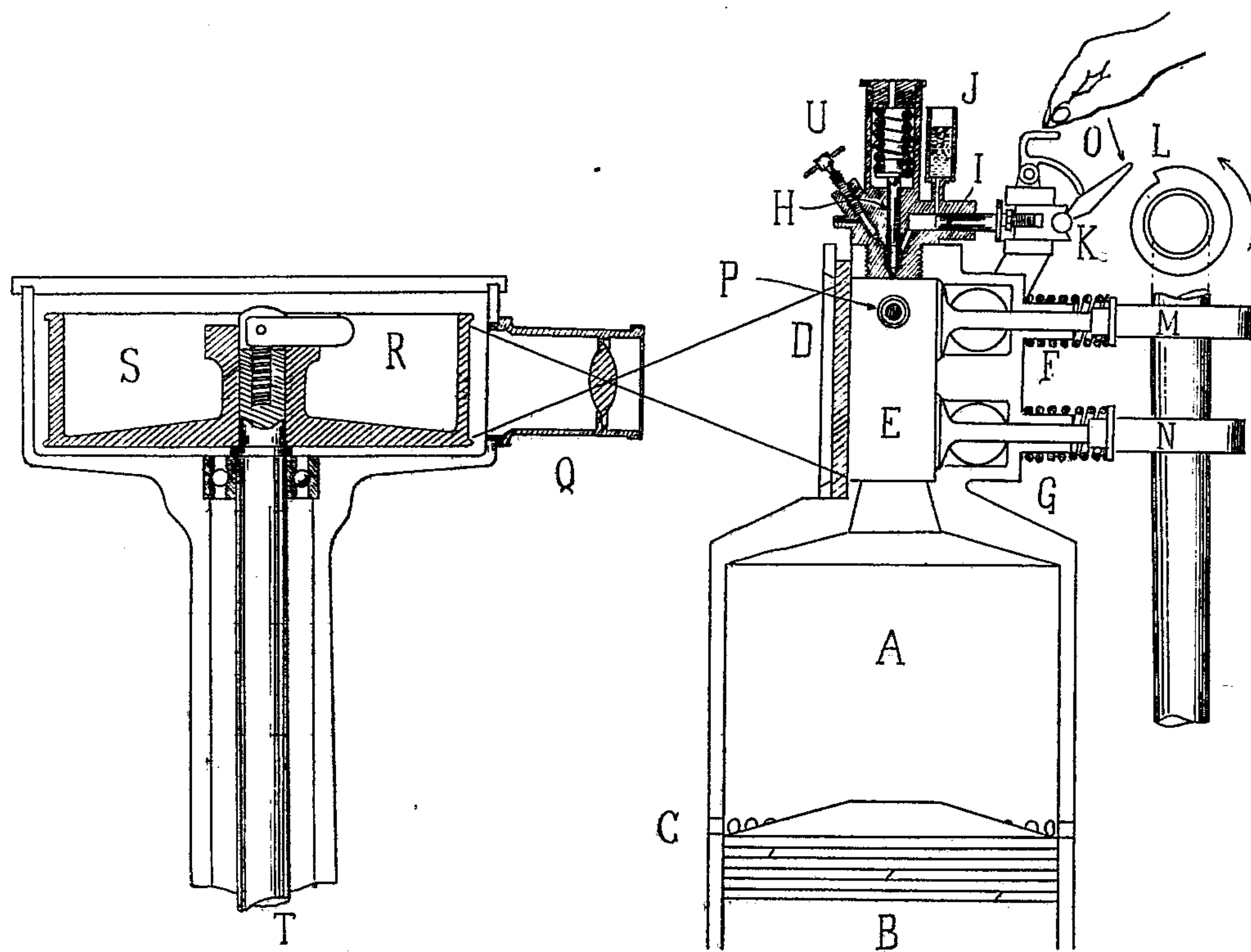


Fig. 1.

Description. — A, cylindre; B, piston; C, orifices à fond de course; D, glace; E, chambre; F, admission; G, échappement; H, aiguille d'injection; I, piston plongeur; J, réservoir de combustible; K, linguet à coulisse; L, came à enclenchement; M, came d'admission; N, came d'échappement; O, levier d'enclenchement; P, couple thermoélectrique; Q, objectif; R, fixation du tambour; S, tambour synchronisé; T, arbre de commande relié au moteur; U, pointeau de purge pour l'amorçage de l'injecteur.

un moteur électrique de façon à réaliser des compressions d'air successives à des vitesses et des taux de compression déterminés. Quand les régimes sont établis on provoque alors une injection, l'allumage se produit et l'on enregistre simultanément la flamme et la montée en pression, le volume de combustible introduit ainsi que sa pression peuvent être réglés.

(²) *Comptes rendus*, 199, 1934, p. 1377, et 201, 1935, p. 879.

Fonctionnement. — La machine fonctionne suivant le cycle à quatre temps; l'injection étant réglée vers la fin de compression, au fond de course inférieur la couronne d'orifices rétablit la pression atmosphérique de façon que le volume d'air initial soit constant. La série des compressions élève la température des parois de telle sorte qu'au bout d'un certain temps le couple donne une température constante. A la température choisie, la vitesse étant régulière, on provoque une injection; la suite des opérations d'enregistrement devient automatique. La pression d'injection est déter-

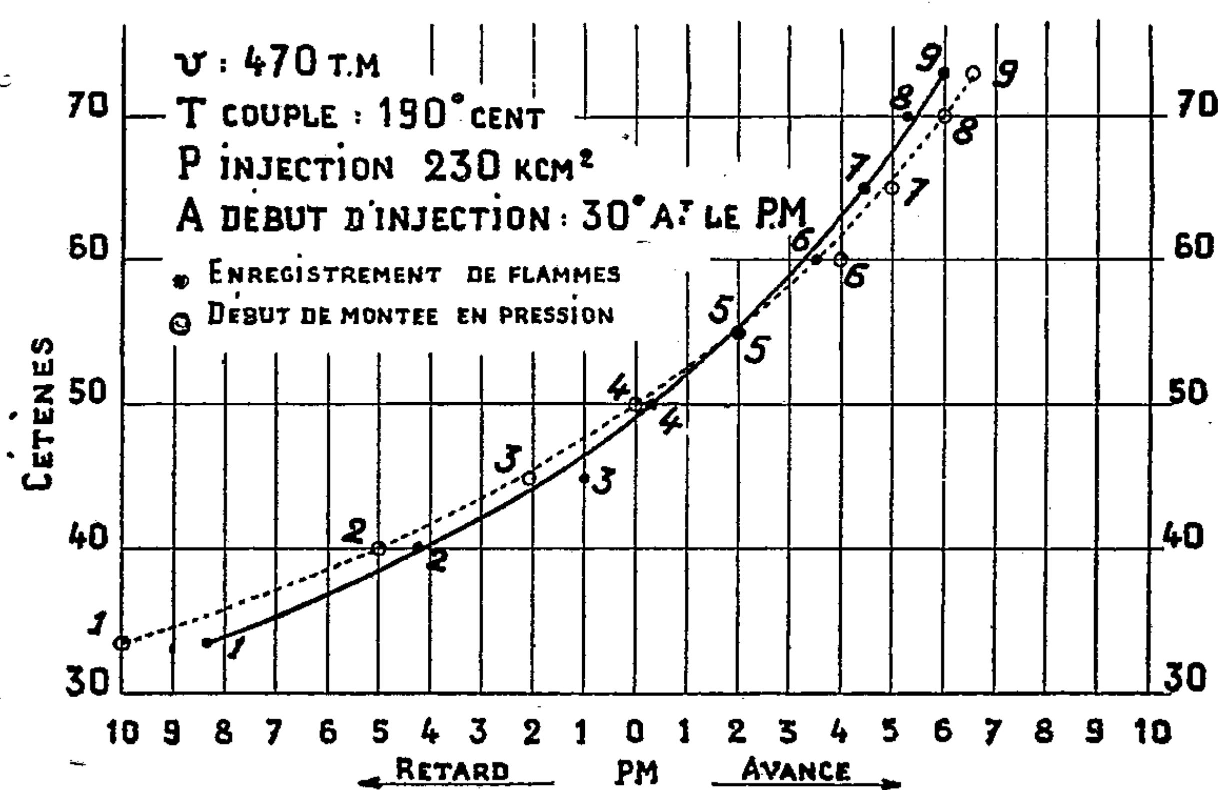


Fig. 2.

minée par la tension du ressort d'aiguille, le volume injecté par la course du piston plongeur, le calage de la came d'enclenchement détermine le début d'injection. L'enregistrement de la flamme s'inscrit sur le film monté sur le tambour synchronisé et marquant le point mort, la montée en pression est enregistrée par un manographe.

M. Bonnier a bien voulu préparer 9 échantillons en partant de produits dont il avait déterminé le nombre de cétène entre 34 et 73. M. Dumanois nous guida de ses conseils. Les résultats sont consignés dans les courbes de la figure 2, la répétition des opérations donna des chiffres constants. On remarque que, de part et d'autre du point mort, il y a décalage entre la courbe représentative du début des flammes et celle des montées en pression, les deux courbes restant très voisines. La relation entre le nombre de cétène et le délai d'allumage n'est pas une loi linéaire. Elle est d'allure hyperbolique.

MÉCANIQUE CÉLESTE. — *Sur les variations de la vitesse angulaire dans un astre fluide.* Note (¹) de M. **Pierre Dive**, présentée par M. Jean Chazy.

Les surfaces d'égale densité doivent être de révolution autour de l'axe de rotation Oz (²). Dans le plan $y=0$, il est commode de définir la position d'un élément par le demi-petit axe β de l'ellipse (β) à densité constante ρ sur laquelle il se trouve, et par son anomalie excentrique ν. Nous avons établi (³) que la vitesse angulaire ω de l'élément (β, ν) est donnée par la formule suivante qui n'est pas spéciale aux stratifications ellipsoïdales :

$$\omega^2 = \Omega + \frac{1}{\rho}\int_{\beta}^{b_e} \rho \frac{\partial\Omega}{\partial\beta}\, d\beta; \tag{1}$$

b_e est le demi-petit axe de la couche extérieure (b_e) et Ω une fonction de β et ν. Les variations de $\omega^2(\beta, \nu)$ sur (β) dépendent de la dérivée

$$\frac{\partial\Omega}{\partial\nu} = 2\pi f \sin 2\nu \frac{\beta^4}{\alpha^2}\int_0^{\beta} \frac{1+k^2}{k^3}\,\frac{s^5}{(1+s^2)^2}\,\frac{(\tau^2-s^2)^2}{(s^4\tau^2+k^2b^2)}(-q'_b)\, db; \tag{2}$$

f est la constante de la gravitation universelle, α est le demi-grand axe de la couche (β), a sera celui de la couche (b); k, τ, s sont les *aplatissements* (rapport des demi-axes focaux c, γ, c aux demi-petits axes b, β, b') respectifs de la couche attirante (b), de la couche $(\beta)(b<\beta)$, et de l'ellipse (b'), homofocale de (b) et passant au point (β, ν); q est la densité de (b) (⁴).

Soit λ le produit par β^4/α^2 de la quantité sous le signe somme de l'intégrale (2). Si $\tau > s(b' > \beta)$, on a

$$\lambda < \left(\frac{\beta}{a'}\right)^4\left(\frac{a}{\alpha}\right)^2\left(\frac{b}{b'}\right)(-q')\tau^4,$$

où a' est le demi-grand axe de (b'); si $\tau < s(b' < \beta)$, on a, puisque $s = kb/b'$,

$$\lambda < \left(\frac{\beta}{a'}\right)^4\left(\frac{a}{\alpha}\right)^2\left(\frac{b}{b'}\right)^5(-q')k^4.$$

(¹) Séance du 22 février 1937.
(²) *Cf.* P. Dive, *Rotations interne des astres fluides*, Paris 1930, p. 6.
(³) *Comptes rendus*, 184, 1927, p. 277.
(⁴) Cf. P. Dive, *Rotations internes des astres fluides*, p. 64.

Or $\beta < a'$, $a < \alpha$, $b < b'$, $s < k < \mathrm{K}$. En posant $\mathrm{A} = 2\pi f(\rho_0 - \rho_e)$ (5), on a donc, *en toute hypothèse*,

$$\frac{\partial \Omega}{\partial \nu} < \mathcal{A}\mathrm{K}^4. \tag{3}$$

D'où une limitation identique pour $(\partial\omega^2/\partial\nu)$ (6).

Par suite si, dans le cas des faibles aplatissements, on néglige, en première approximation, les termes de l'ordre de K^4, *on pourra regarder chaque couche* (β) *comme tournant d'un seul bloc* (7).

Cette conclusion n'implique nullement que la condition

$$\left(\frac{\partial\omega^2}{\partial z^2}\right)_{x^2} = 0 \qquad ou \qquad \left(\frac{\partial\omega^2}{\partial\beta}\right)_{x^2} = 0$$

soit satisfaite en première approximation (8). *De* (1), *on déduit que les équations*

$$\left(\frac{\partial\omega^2}{\partial\beta}\right)_{x^2} = 0 \qquad et \qquad \left(\frac{\partial\Omega}{\partial\beta}\right)_{x^2} = 0$$

sont équivalentes. Tant qu'elles ne sont pas vérifiées, il n'est pas possible de substituer (même en première approximation) Ω *à* ω^2 (9). Or on a (10)

$$\begin{aligned}(4)\quad \frac{1}{4\pi f}\left(\frac{\partial\Omega}{\partial\beta}\right)_{x^2} = \frac{\beta^4}{\alpha^4}\Bigg[\rho_e\frac{1+k_e^2}{k_e^3}(k_e - \operatorname{arctang} k_e) - \int_0^\beta \frac{1+k^2}{k^3}(s - \operatorname{arctang} s)\, q'_0\, db \\ - \int_\beta^{b_e} \frac{1+k^2}{k^3}(k - \operatorname{arctang} k)\, q'_0\, db\Bigg]\frac{d\tau^2}{d\beta} \\ - \frac{\beta^2}{\alpha^2}\int_0^\beta \frac{1+k^2}{k^3}\,\frac{s^2}{(1+s^2)^2}(\tau^2 - s^2)\frac{\partial s}{\partial\beta}\, q'_b\, \partial b.\end{aligned}$$

Développons le second membre de (4) suivant les puissances crois-

---

(5) ρ_e : densité superficielle.

(6) Cf. P. Dive, *Le champ de la pesanteur et l'ellipsoïde fluide hétérogène en rotation* (*Thèse*, Genève, 1926, p. 91). Si $q = \rho^2(1 - mb^2)$ (loi de Roche), $\mathrm{M} = 2\pi f \rho_0 m$ est une constante indépendante de β.

(7) Pour une stratification en couches homothétiques et la loi des densités de Roche, M. Perrin a tiré de nos formules générales : $\omega^2 = \mathrm{A} + \mathrm{B}(\rho + \rho_e\rho^{-1}) - \mathrm{C}x^2$, où, effectivement, A et B sont de l'ordre de k^2, tandis que C est de l'ordre de k^4.

(8) Il faut, en effet, éviter de confondre, les dérivées $(\partial\omega^2/\partial z^2)_\beta$ et $(\partial\omega^2/\partial z^2)_{x^2}$, Voir Alex. Véronnet, dans le fascicule 2 du tome 4 du *Traité de Mécanique rationnelle* de P. Appell, nos 77, 78, 79.

(9) Cf. Alex. Véronnet, *Loc. cit.*, nos 62, 77, 78 (remarque finale), 79, 91, 91, 114, 119; Ω et ω^2 sont du même ordre et l'erreur est égale au second terme du deuxième membre de (1).

(10) P. Dive, *Rotations internes des astres fluides*, p. 65.

santes de k^2, τ^2, s^2, $d\tau^2/d\beta$, considérés comme des infiniment petits du premier ordre, et égalons à zéro la fonction asymptotique obtenue en négligeant les infiniment petits du second ordre, on retrouve l'équation célèbre de Clairaut. *En première approximation, elle est nécessaire et elle suffit pour exprimer que la masse fluide tourne en bloc.*

Ce procédé met en évidence la nécessité d'assimiler $(d\tau^2/d\beta)$ à un infiniment petit du premier ordre.

ASTROPHYSIQUE. — *Émission des bandes de* CO^+ *dans la tête de la comète Peltier* (1936, *a*). Note de M. **Jean Dufay**, Mlle **Marie Bloch** et M. **John Ellsworth**, présentée par M. Charles Fabry.

1. L'étude microphotométrique de neuf clichés obtenus du 15 au 28 juillet 1936, avec deux prismes-objectifs, nous a permis de mesurer les longueurs d'onde de plus de 250 radiations émises dans la tête et le noyau de la comète Peltier. Nous n'avons par contre obtenu aucune image de la queue.

Les images les plus intenses de la tête sont fournies comme d'ordinaire par le spectre de Swan, caractérisé par les suites $v'-v''=+2, +1, 0, -1$ et -2, et surtout par le spectre violet du cyanogène, caractérisé par les suites $v'-v''=-2, -1$ et 0, dont la dernière donne les images les plus étendues de la chevelure. Le spectre rouge du cyanogène doit être en grande partie responsable de la forte émission observée dans le rouge; les bandes les plus apparentes sont celles des suites $v'-v''=-3$ et -4, mais les suites -5, et -6 semblent également représentées.

En dehors de ces bandes classiques, nous retrouvons la plupart des radiations d'origine inconnue qui, d'après Baldet [1], caractérisent les noyaux cométaires et nous observons beaucoup de radiations nouvelles, sur lesquelles nous reviendrons prochainement.

2. Nous voulons insister plus particulièrement dans cette Note sur la présence, *dans le spectre de la tête*, des bandes de CO^+, caractéristiques des queues, et qui passent encore souvent pour être strictement localisées dans celles-ci.

Dans le tableau ci-après, nous reproduisons, d'après Baldet (*loc.*

(1) F. Baldet, *Thèse*, Paris, 1926, p. 53.

cit., p. 82), la liste, complète de 3790 à 5000 Å, des bandes de CO^+ excitées par choc électronique, avec leurs intensités relatives. En regard, nous inscrivons les radiations que nous pouvons leur faire correspondre dans la tête de la comète; leurs intensités ont été numérotées de 0 à 10 d'après l'ensemble de nos enregistrements.

(8)	3795,6	3794,7	(2)
	3797,4	3798,3	(3)
(5)	3888,5	3887,8*	(3)
	3890,5	3891,1	(4)
	3908,0	3906,0*	(3)
	3909,9	3910,0*	(4)
(9)	3997,2	3998,5**	(3)
	3999,5	4002,1**	(4)
	4017,6	4017,8	(4)
	4019,8	4020,5**	(5)
(1)	4117,3	4116,8	(3)
	4119,4	4119,9	(4)
	4138,9	4137,0**	(5)
	4140,4	4142,0*	(3)
(2)	4130,6	4128,6	(3)
	4132,5	4132,5	(4)
	4151,9	CN	
	4153,8		
(2)	4244,1		
	4246,2	4246,3	(4)
(10)	4248,5	4249,8	(2)
	4251,3	4252,9*	(5)
	4271,3	4271,8	(3)
	4273,9	4276,4	(4)

(4)	4378,9	C^2	
	4381,4		
	4403,3	4401,2	(2)
	4406,2	4406,1	(3)
(5)	4518,0	4519,5	(3)
	4521,0	4523,0	(4)
(8)	4539,4	4538,1*	(3)
	4542,6	4543,6	(4)
	4565,8	4567,0	(3)
	4568,7	4571,3	(4)
(1)	4663,5	4664,6	(4)
	4667,6	4670,2	(3)
(7)	4683,4	C_2	
	4686,6		
	4711,2		
	4714,5	4713,4**	(4) (C^2)
(3)	4836,6	4836,2*	(2)
	4839,6	4841,7*	(3)
	4865,8	4867,0	(3)
	4869,0	4872,3	(4)
(3)	4879,5	4878,3	(2)
	4883,9	4884,9	(3)
	4911,0	4909,9	(2)
	4914,5	4915,7	(4)

Malgré le nombre des superpositions possibles ou certaines de radiations étrangères (indiquées respectivement par un ou deux astérisques), ce Tableau ne laisse aucun doute sur la présence des bandes de CO^+. La structure des doublets est particulièrement caractéristique et nous trouvons généralement, comme il convient, la seconde et la quatrième arête plus intenses que la première et la troisième. Le fait que nos longueurs d'onde sont, pour la plupart, un peu supérieures à celles de Baldet (différence moyenne +0,5 Å), s'explique facilement, puisqu'il s'agit de bandes dégradées vers le rouge dont nous mesurons le maximum sur des spectres

peu dispersés (48 Å par millimètre entre H_γ et H_ζ). Les longueurs d'onde mesurées dans les queues des comètes s'écartent habituellement davantage et dans le même sens des longueurs d'onde mesurées au Laboratoire sur des spectres plus dispersés.

3. Dans ses recherches théoriques sur l'excitation des spectres cométaires, Wurm (2) a montré que si l'absence des bandes de C_2 et CN dans les queues pouvait s'expliquer par la vie plus courte de ces molécules exposées au rayonnement solaire, au contraire, l'*absence des bandes de* CO^+ *dans les têtes ne s'expliquait pas*. Il ajoute que l'aspect de nombreux spectrogrammes l'a convaincu de leur présence dans les têtes.

Effectivement, les bandes de CO^+ étaient émises avec une intensité notable dans la tête de la comète Peltier, *alors que le spectre de la queue était trop faible pour pouvoir être photographié dans les mêmes conditions*. En faisant varier la hauteur de la bande spectrale enregistrée, nous avons pu nous assurer que l'émission s'étendait même jusqu'au voisinage immédiat du noyau. Le fait est sans doute général et l'analyse microphotométrique des clichés obtenus sur les comètes passées permettrait de s'en assurer aisément.

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *Les moments d'impulsion dans la théorie du photon de M. L. de Broglie*. Note de M. **Jules Géhéniau**, présentée par M. Louis de Broglie.

1. *Les densités de valeur moyenne*. — On sait que la théorie du photon de M. L. de Broglie introduit 16 fonctions d'onde $\Phi_{ik}(i, k = 1, \ldots, 4)$. Il revient au même de connaître ces 16 Φ_{ik} que de connaître 16 fonctions linéaires linéairement indépendantes des Φ_{ik}. M. L. de Broglie définit de cette façon un invariant I_1, un vecteur A_x, A_y, A_z, V (le potentiel électromagnétique), un tenseur antisymétrique de rang deux (les champs électrique E et magnétique H), un tenseur complètement antisymétrique de rang trois σ_x, σ_y, σ_z, σ_t, un tenseur complètement antisymétrique de rang quatre I_2. On peut, inversement, exprimer les 16 Φ_{ik} en fonction des 16 composantes de ces cinq grandeurs tensorielles, puis remplacer les Φ_{ik} par les expressions ainsi trouvées dans les formules générales donnant les

(2) Wurm, *Zeitschrift für Astrophysik*, **8**, 1934, p. 281.

densités de valeur moyenne. Nous obtenons alors, notamment pour le vecteur *courant densité*,

$$(1)\quad \begin{cases} \rho u_x = -c\Phi^* \dfrac{\mathcal{A}_1 + \mathcal{B}_1}{2} \Phi = \dfrac{i}{4h}([A^* H]_x + V^* E_x) + \dfrac{c}{4} I_2^* \sigma_x + \text{conj.}, \\ \rho = \quad \Phi^* \dfrac{\mathcal{A}_4 + \mathcal{B}_4}{2} \Phi = \dfrac{i}{4hc}(A^* E) + \dfrac{1}{4} I_2^* \sigma_t + \text{conj.}, \end{cases}$$

pour le quadrivecteur *spin*,

$$(2)\quad \begin{cases} N_x = h\Phi^* \dfrac{\mathcal{B}_4 i \mathcal{A}_2 \mathcal{A}_3 + \mathcal{A}_4 i \mathcal{B}_2 \mathcal{B}_3}{2} \Phi = \dfrac{1}{4c}(-[A^* E]_x + V^* H_x) + \dfrac{h}{4} i I_1^* \sigma_x + \text{conj.}, \\ N_t = h\Phi^* \dfrac{\mathcal{B}_4 i \mathcal{A}_1 \mathcal{A}_2 \mathcal{A}_3 + \mathcal{A}_4 i \mathcal{B}_1 \mathcal{B}_2 \mathcal{B}_3}{2} \Phi = \dfrac{1}{4c}(A^* . \dot{H}) + \dfrac{h}{4} i I_1^* \sigma_t + \text{conj.}, \end{cases}$$

et, pour l'*impulsion* p_x, ...,

$$(3)\qquad \pi_x = ih\Phi^* \frac{\mathcal{A}_4 + \mathcal{B}_4}{2} \frac{\partial}{\partial x} \Phi = -\frac{1}{4c}\left(A^* \cdot \frac{\partial E}{\partial x}\right) + \frac{1}{4c}\left(E^* \cdot \frac{\partial A}{\partial x}\right).$$

Pour simplifier l'exposé, nous ne considérerons dans la suite que le cas d'une onde monochromatique de fréquence $2\pi\nu = \omega = W/h$.

2. Théorèmes. — A. *On a, en vertu des équations du photon*,

$$(4)\quad \int \Phi^* \frac{\mathcal{A}_4 + \mathcal{B}_4}{2} p_x \Phi \, d\tau = \int \Phi^* \frac{\mathcal{B}_4 \mathcal{A}_1 + \mathcal{A}_4 \mathcal{B}_1}{2} \frac{ih}{c} \frac{\partial \Phi}{\partial t} d\tau = -\mu_0 c \int \Phi^* \frac{\mathcal{A}_1 + \mathcal{B}_1}{2} \Phi \, d\tau,$$

les intégrations étant étendues à tout l'espace. Les trois membres de (4) ne diffèrent que par des intégrales de surface, et l'on suppose que les Φ_{ik} tendent assez vite vers zéro pour que ces intégrales disparaissent à l'infini. L'expression $-\mu_0 c/2 . \Phi^*(\mathcal{A}_1 + \mathcal{B}_1)\Phi$ est égale à la composante (14) du tenseur classique de Maxwell, plus des termes ne renfermant que les grandeurs non électromagnétiques. Nous ne nous intéressons pas, dans cette Note, à ces termes supplémentaires; leur moyenne dans le temps est nulle en général. Le théorème A exprime que la valeur moyenne de l'impulsion $\vec{p}$ est égale à la valeur moyenne de l'impulsion $\rho \vec{u} W/c^2$ et aussi à la valeur moyenne de l'impulsion $\vec{S} = ([E^* . H] + \text{conj.})/4c$ (unités de Heaviside-Lorentz). Les autres composantes du tenseur de Maxwell s'obtiennent aisément; remarquons que ce tenseur n'est pas du type canonique des densités d'éléments de matrice de la théorie du photon.

B. *On a, sous les mêmes conditions qu'en* A,

$$\int (x\pi_y - y\pi'_x)\,d\tau + \int N_z\,d\tau = \int (x P_y - y P_x)\,d\tau \tag{5}$$

$$\left(P_x = ih\Phi^* \frac{\mathcal{B}_4\mathcal{A}_1 + \mathcal{A}_4\mathcal{B}_1}{2}\,\frac{1}{c}\,\frac{\partial\Phi}{\partial t} = \rho u_x W/c^2\right).$$

Le théorème B exprime que la somme des valeurs moyennes du moment d'impulsion orbital M^0 et du moment d'impulsion « de spin » ou intrinsèque M^i est égale à la valeur moyenne du moment d'impulsion M^c calculée à l'aide du vecteur courant. Signalons que M. E. Henriot a étudié [1], dans la théorie classique de Maxwell, le moment d'impulsion intrinsèque d'une onde électromagnétique. Il a introduit un tenseur du troisième ordre définissant les densités et flux de moment d'impulsion intrinsèque; le tenseur antisymétrique formé par les termes maxwelliens de (2) constitue une partie du tenseur de M. Henriot.

3. *Remarques.* — On voit, sur les formules précédentes, que les grandeurs physiques de la théorie du photon dépendent explicitement des potentiels électromagnétiques. Or, dans la théorie de Maxwell, les potentiels $\vec{A}$, V peuvent être remplacés par

$$\vec{\mathcal{A}} = \vec{A} + \operatorname{grad} f, \qquad \varphi = V - \frac{1}{c}\frac{\partial f}{\partial t},$$
$$\Delta f - \frac{1}{c^2}\frac{\partial^2 f}{\partial t^2} = 0. \tag{7}$$

Dans la théorie du photon, on écrira des relations analogues à (7), mais en tenant compte du fait que $\mu_0 \neq 0$; nous ferons ici $\mu_0 \to 0$, ce qui redonne (7). Ces diverses formes (7) donneront en général des valeurs moyennes différentes pour M^0, M^i, M^c. Il faut donc s'attendre à ce que la résolution du problème de l'interaction entre la matière et le rayonnement lève l'indétermination (7), car le théorème de conservation des moments d'impulsion exigera une forme bien déterminée des potentiels. La théorie classique du rayonnement fournit des indications sur cette détermination. Considérons en effet le cas d'une onde multipolaire monochromatique. Conformément à la théorie de Maxwell, la valeur moyenne du moment d'impulsion total M^p de l'onde se calcule à l'aide du vecteur de Poynting.

---

[1] *Les couples de radiation et les moments électromagnétiques* (*Mém. des Sc. Phys.*, Paris, 1936, fasc. XXX, p. 1).

Nous fixerons j dans (7) de telle façon que $M^0 + M^i = M^p$. On voit qu'on satisfait à cette condition en annulant φ. Nous développerons la présente étude dans un autre travail.

ÉLECTRICITÉ. — *Sur l'utilisation d'oscillations de relaxation pour la mesure des capacités.* Note [1] de M. **Robert Guillien**, présentée par M. Aimé Cotton.

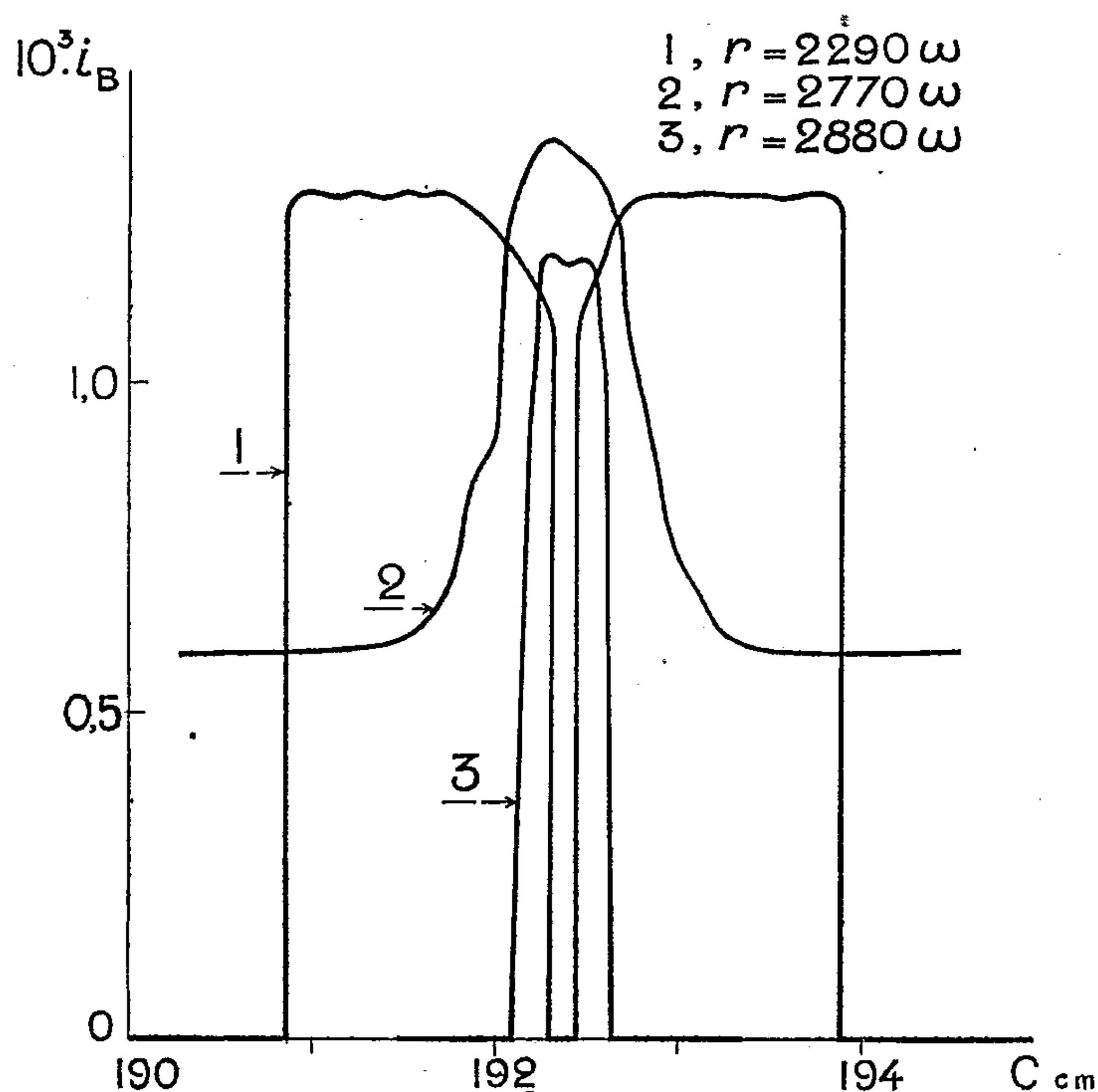
De nombreuses méthodes utilisent les lampes triodes pour la mesure des capacités ou des constantes diélectriques. En général, on doit comparer la capacité inconnue x à une capacité variable étalonnée C en observant, grâce à un phénomène de résonance, l'égalité de deux valeurs d'un courant i, la courbe i, C ayant la forme en cloche bien connue. Près du maximum la précision n'est pas très grande ($di/dC = 0$), elle est meilleure près de l'un des points d'inflexion si la stabilité est suffisante. Nous avons constaté qu'en utilisant une réaction la courbe de résonance devient d'abord plus pointue, mais prend des formes plus complexes lorsque le récepteur est le siège d'oscillations entretenues.

Nous avons alors cherché à utiliser les oscillations entretenues intermittentes qui peuvent prendre naissance lorsqu'un condensateur c shunté par une résistance r est en série avec un circuit oscillant E_1 entre la grille et la cathode d'une lampe oscillatrice L_1. Lorsque le système c, r interrompt par relaxation les oscillations de E_1 à une fréquence musicale, le courant plaque i_p de L_1 possède une composante i_B à basse fréquence que l'on peut séparer sans détection par un simple filtre. Le condensateur étalonné C et la capacité à mesurer x sont en parallèle sur un circuit oscillant E_2 dans lequel une lampe L_2 produit des oscillations entretenues pures. Les courbes de résonance i_p, C de formes compliquées ne sont pas plus avantageuses pour les mesures que les courbes en cloche habituelles. Par contre les courbes i_B, C (voir la figure) correspondant à diverses valeurs de r, sont assez simples. En particulier on peut obtenir des courbes (courbe 1) remarquables parce qu'elles présentent une crevasse très étroite : en l'absence de E_2 les oscillations de E_1 sont entretenues pures, mais l'oscillation de E_2 produit la relaxation à basse fréquence, relaxation qui cesse brusquement vers la résonance exacte. Un haut parleur donne deux zones

---

[1] Séance du 22 février 1937.

sonores séparées par une étroite bande silencieuse. Pour les mesures on est amené à faire varier la capacité C de façon à pointer successivement les deux bords de la crevasse. Les pointés sont beaucoup plus rapides que par la méthode de résonance ordinaire parce qu'on n'a pas besoin de lire la



valeur du courant, mais qu'il suffit d'observer un seuil de courant ou un seuil sonore.

L_1 et L_2 sont deux pentodes 78 à chauffage indirect de caractéristiques américaines. E_1 et E_2 sont deux circuits Reinartz. Pour éviter que E_1 ne réagisse éventuellement sur E_2, il n'est pas accordé sur l'oscillation fondamentale de $E_2 (\lambda = 2700^m)$, mais sur un harmonique $(\lambda = 450^m)$. La relaxation est obtenue par un condensateur c de 1 microfarad shunté par une résistance r variable de 100 à 5000 ohms polarisant positivement la cathode d'environ 10 volts par rapport à la grille de commande. En ajustant les tensions de plaque, d'écran et de cathode, on rend la crevasse très étroite et le seuil bien réversible. On peut alors facilement apprécier une variation de C inférieure à 1/40000e. On augmenterait encore la sensibilité au détriment de la rapidité en utilisant la variation de i_B le long d'une pente de la crevasse.

L_1 et L_2 sont alimentées par le secteur alternatif. Si la tension du secteur passait de 110 à 85 volts entre deux pointés, l'erreur relative sur x serait augmentée de 6.10^{-5}. Pour éliminer toute erreur due à une variation accidentelle de fréquence, un inverseur permet de substituer au groupe C, x une capacité C_0 restant constante pendant les mesures. Un vernier placé sur E_1 contrôle que la crevasse de la courbe de résonance ne se déplace pas en substituant C_0 à $C+x$.

Le dispositif précédent, permettant des mesures précises et rapides, convient particulièrement à l'étude de la constante diélectrique des gaz liquifiés où le temps est limité. Pour éliminer les capacités parasites dues aux connexions, nous donnerons à x deux valeurs différentes par un contact intérieur au liquide. La variation de x par changement de forme suivant la méthode de Nernst et Darbord serait, en effet, difficile à réaliser avec précision aux très basses températures.

ÉLECTROCHIMIE. — *Sur la structure des dépôts électrolytiques.* Note (¹) de M. **Pierre Jacquet**, présentée par M. Georges Urbain.

On sait que les dépôts électrolytiques métalliques présentent deux types de structure nettement différents : les dépôts de cuivre, argent, plomb, zinc, obtenus à partir des solutions de sels simples, sont formés de cristaux bien distincts tandis que ces mêmes métaux donnent par électrolyse de leurs sels complexes des dépôts formés de microcristaux pratiquement invisibles, même aux forts grossissements. Les métaux du groupe du fer (fer, nickel, cobalt), présentent en général ce deuxième type de structure lorsque l'on électrolyse les solutions de leurs sels simples. On sait aussi qu'un métal donnant normalement des cristaux bien formés peut présenter une structure microcristalline lorsque l'électrolyte est additionné de colloïdes hydrophiles. La raison profonde de ces différences de structure n'a jamais été élucidée complètement. On admet souvent que la croissance normale du cristal est empêchée par l'interposition, soit de composés colloïdaux formés au voisinage de la cathode, soit des colloïdes organiques ajoutés. D'après N. Thon (²), ces substances agissent en se fixant sur les centres actifs de

(¹) Séance du 22 février 1937.

(²) *L'électrolyse et la polarisation électrolytique*, Paris, 1934.

l'électrode, les ions hydrogène ou les ions complexes déchargés pouvant jouer le même rôle.

La méthode d'étude des dépôts minces, déjà décrite (3), nous a permis d'observer que l'hydrogène, déchargé à la cathode en même temps que les ions du métal, suffit à expliquer la structure cristalline fine des dépôts des métaux du groupe du fer et de tous les dépôts obtenus dans les électrolytes complexes. Lorsqu'on dépose un métal sur une surface de cuivre coulé, poli électrolytiquement, on peut observer suivant les conditions, soit la continuité parfaite du réseau cristallin, le dépôt s'effectuant sur les centres actifs, soit la formation de nouveaux germes de cristallisation, les centres actifs n'intervenant plus. L'étude systématique de la répartition initiale des dépôts de cuivre (solutions de sulfate et de cyanure complexe), de nickel (solution de sulfate), d'argent et de cadmium (solutions de cyanures), a donné les résultats suivants :

1° Il est possible, en général, de trouver les conditions expérimentales qui correspondent à un accroissement régulier du réseau cristallin de la cathode. En particulier on a pu observer ce phénomène avec les dépôts de cuivre et d'argent obtenus dans les bains de cyanures complexes. Or, on admettait jusqu'à présent que ces dépôts, dont le grain est normalement très fin, ne peuvent pas continuer la structure cristalline d'une cathode constituée d'un petit nombre de gros cristaux (4).

2° Le dépôt de nickel est toujours formé de microcristaux, mais dans certaines conditions d'électrolyse ceux-ci apparaissent et se développent, en respectant le réseau cristallin du support.

3° Si le dépôt électrolytique est accompagné de la décharge des ions hydrogène, le réseau cristallin de la cathode n'a plus aucune influence sur la répartition initiale du métal. Ainsi avec une intensité de 25 à 50 milliampères par décimètre carré, le cuivre se dépose, à partir d'un bain de cyanure, avec un rendement de 100 pour 100, et prend la structure du support, tandis qu'avec des densités de courant un peu plus élevées (70 milliampères), la décharge de l'hydrogène apparaît, et le métal ne se dépose plus sur les centres actifs, d'où une structure microcristalline. De même le nickel continue partiellement le réseau de la cathode lorsque le rendement en métal est voisin de 100 pour 100, c'est-à-dire à densité de courant moyenne. Lorsque la formation d'hydrogène

(3) P. Jacquet, *Comptes rendus*, 204, 1937, p. 172.
(4) A. Portevin et M. Cymboliste, *Trans. Faraday Soc.*, 31, 1935, p. 1211.

devient importante (faibles intensités, addition d'eau oxygénée), le dépôt se répartit d'une manière quelconque. Ces deux types de structure sont représentés sur les figures 1 et 2.



Fig. 1. — Structure d'un dépôt de nickel ($0^{mm},01$) obtenu avec 0,6 ampères par dm^2 (Gr. 250).

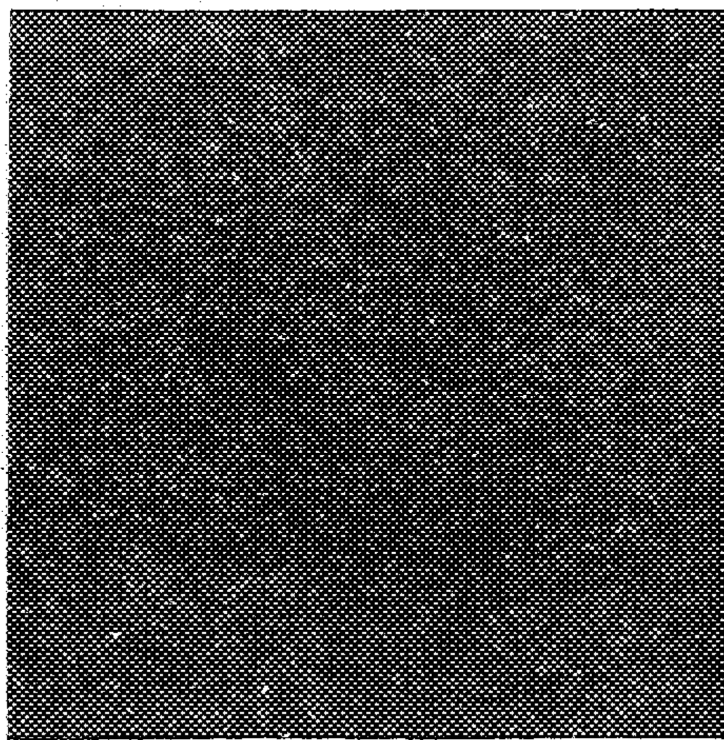


Fig. 2. — Structure d'un dépôt de nickel ($0^{mm},01$) obtenu avec 0,06 ampères par dm^2 (Gr. 250).

Conclusion. — Ces résultats expérimentaux confirment et précisent l'hypothèse de N. Thon relative à l'inhibition des centres actifs d'une cathode métallique polycristalline. Ils montrent que la décharge des ions hydrogène joue un rôle essentiel dans la structure des dépôts des métaux du groupe du fer et de tous les métaux obtenus dans les bains complexes. L'hypothèse de MacNaughtan ([5]) (structure microcristalline causée par l'inclusion de composés basiques colloïdaux, formés au voisinage de la cathode) pourrait expliquer la structure fine du nickel obtenu avec une décharge importante des ions hydrogène, mais ne peut interpréter les résultats relatifs au cuivre et à l'argent déposés dans les électrolytes complexes.

([5]) D. J. MacNaughtan, G. E. Gardam et R. A. F. Hammond, *Trans. Faraday Soc.*, 29, 1933, p. 729.

MAGNÉTISME. — *Les discontinuités d'aimantation en champ alternatif. Explication des fréquences multiples apparaissant lors de la* ferro-résonance. Note (1) de MM. St. Procopiu et G. Vasiliu, présentée par M. Aimé Cotton.

Si l'on fait passer un courant alternatif dans un fil de fer ou de nickel, on obtient, dans une bobine dont les spires entourent le fil, des effets d'induction dus aux discontinuités d'aimantation, tant que l'intensité du courant alternatif axial dépasse une valeur I, telle que le champ magnétique circulaire $H = 2I/10r$ (r étant le rayon du fil), soit égal au champ coercitif de la substance ferromagnétique. Le phénomène, découvert par l'un de nous (2), et nommé *effet Barkhausen circulaire*, est dû au retournement des particules aimantées élémentaires dans des plans autres que ceux de l'aimantation circulaire. Cet effet a été retrouvé (3) dans le cas du champ circulaire continu lorsque celui-ci varie.

Nous nous sommes proposé d'étudier les discontinuités d'aimantation en champ alternatif circulaire au moyen de l'oscillographe.

Le fil, de fer ou de nickel, de 0mm,5 de diamètre et de 20 à 40cm de longueur se trouve disposé suivant l'axe d'une petite bobine de 5mm d'épaisseur et de 5000 spires. La bobine induite est mise en relation avec la grille d'un amplificateur à résistances et à 3 lampes pentodes. L'amplificateur est relié à un oscillographe bifilaire Blondel (modèle Vasiliu).

On s'est assuré que le courant alternatif, qui passe par le fil de fer, ne présentait pas de déformations dues aux transformateurs, et les expériences étaient exécutées vers le soir, lorsque le réseau électrique de la ville était surchargé, afin d'éviter les harmoniques supérieurs.

Résultats expérimentaux. — 1° Les discontinuités d'aimantation en courant alternatif axial apparaissent pour les maxima et minima du courant alternatif, c'est-à-dire pour des valeurs du champ circulaire qui dépassent le champ coercitif de la substance. La bobine induite étant disposée au milieu du fil, les inductions, correspondant au maximum du champ, se font d'abord dans un sens, puis dans l'autre, suivant la propagation du champ

(1) Séance du 22 février 1937.

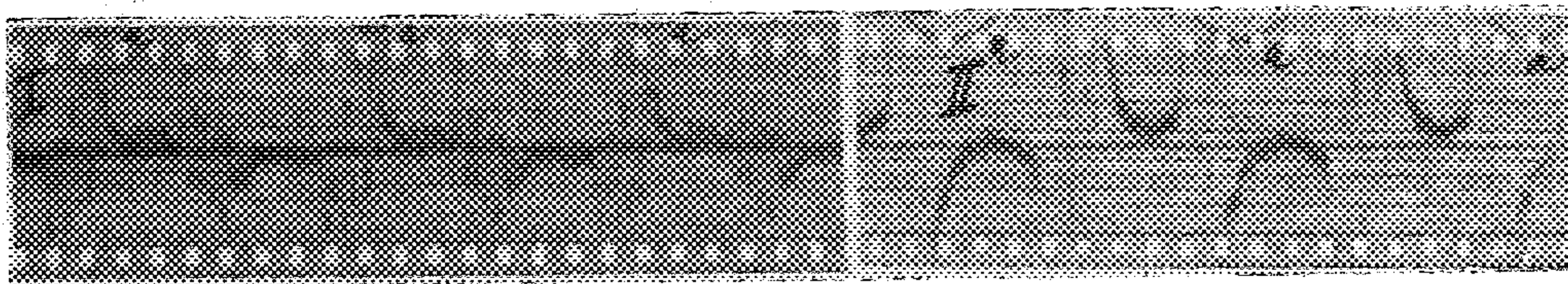
(2) St. Procopiu, *J. de Physique*, 7e série, 1, 1930, p. 308; *Annales de l'Univ. de Jassy*, 23, 1937, p. 168.

(3) R. M. Bozorth et J. F. Dillinger, *Phys. Review*, 41, 1932, p. 345.

le long du fil; de sorte que le courant induit global présente une fréquence double de celle du courant alternatif axial. La figure ci-contre montre, pour le fer (I) et pour le nickel (II), les discontinuités d'aimantation qui apparaissent aux maxima (*a*) et aux minima du courant alternatif axial.

2° Le fil étant soumis à une traction, le courant axial fait augmenter les discontinuités dans le cas du nickel, en accord avec les expériences de Forrer sur le nickel ([4]), et les fait diminuer dans le cas du fer.

3° Les mêmes phénomènes apparaissent lors d'une aimantation trans-



versale du fil. La bobine magnétisante est blindée par plusieurs boîtes en fer, et la bobine induite étant disposée à une distance d'une dizaine de centimètres, le courant induit présente une fréquence double.

4° L'effet Barkhausen, dû au courant alternatif, explique les phénomènes de doublement de la fréquence, rencontrés par Ognos (1918), Kasarnowski (1924), Rouelle (1934) ([5]), pour les circuits alternatifs qui contiennent en série une bobine à noyau de fer et un condensateur, ce qu'on nomme le cas de la ferro-résonance. Les discontinuités d'aimantation dues au champ alternatif étant nombreuses et se reproduisant d'une manière périodique, une capacité favorise plus certaines discontinuités plutôt que d'autres; ce qu'on peut observer lorsque la bobine induite est reliée à la grille de l'amplificateur à travers un condensateur.

Par suite *le fer ou le nickel, par les discontinuités d'aimantation en champ alternatif, est l'origine de tous les harmoniques, entiers ou fractionnaires, stables ou éphémères*, qui apparaissent dans un circuit comprenant une bobine à noyau de fer.

([4]) R. Forrer, *J. de Physique*, 7, 1926, p. 109.

([5]) E. Rouelle, *Revue générale de l'Électricité*, 36, 1934, p. 715-738, 763-780, 795-819, 841-858 et surtout p. 778.

MAGNÉTISME. — *Recherches sur le ferromagnétisme de l'alun de fer ammoniacal.* Note (¹) de MM. **Nicolas Kürti**, **Paul Lainé** et **Franz Simon**, présentée par M. Aimé Cotton.

Nos expériences antérieures (²) sur la démagnétisation adiabatique de l'alun de fer, ont montré que cette substance devient ferromagnétique aux températures très basses. Nous avons repris cette étude en utilisant un échantillon en forme d'ellipsoïde de révolution (diamètre : 13mm, longueur : 78mm), ce qui permet d'évaluer le champ démagnétisant. Les températures T^* ont été repérées comme auparavant dans une échelle arbitraire obtenue en extrapolant la loi de Curie (³).

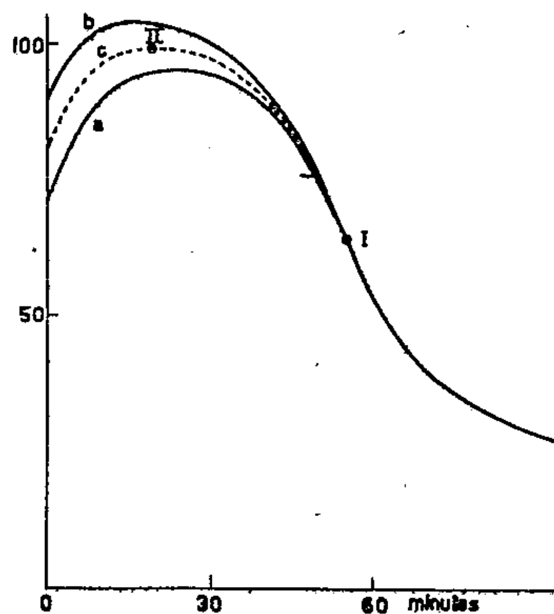


Fig. 1.

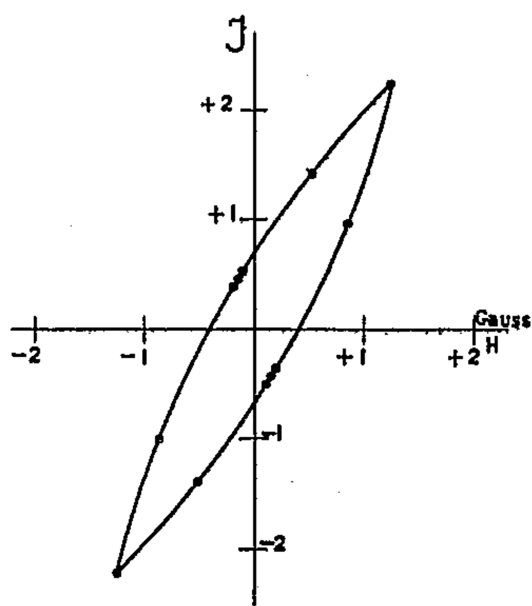


Fig. 2.

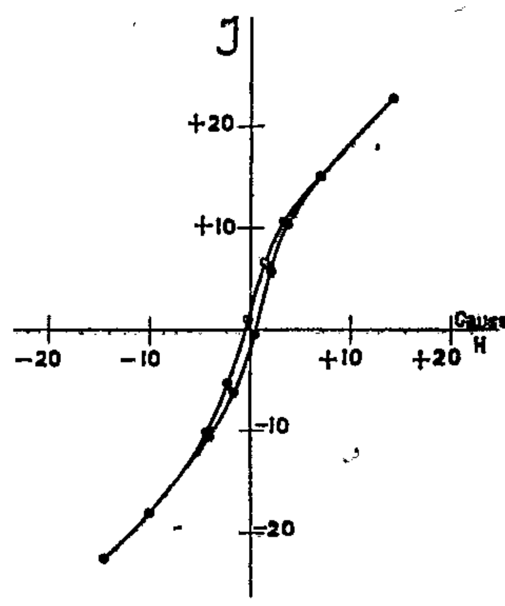


Fig. 3.

Variation du magnétisme rémanent en fonction de la température. — L'échantillon, une fois désaimanté, a été chauffé en utilisant des rayons γ et la susceptibilité, ainsi que la rémanence, ont été déterminées en fonction du temps. Nous donnons dans la figure 1 les résultats d'une série de mesures. Les branches *a* et *b* représentent, en unités arbitraires, les changements d'aimantation quand on supprime un champ extérieur de 1,5 gauss (*a*), puis, quand on établit un champ de 1,5 gauss de sens con-

---

(¹) Séance du 22 février 1937.

(²) N. Kürti, P. Lainé, B. V. Rollin et F. Simon, *Comptes rendus*, 202, 1936, p. 1576.

(³) Pour le calcul des T^* nous n'avons pas tenu compte du champ démagnétisant. Leurs valeurs correspondent donc à cet ellipsoïde particulier.

traire (*b*). La courbe moyenne (*c*) donne l'aimantation dans un champ extérieur de 1,5 gauss, tandis que la différence des ordonnées mesure le magnétisme rémanent. On voit que la rémanence décroît quand on chauffe la substance et qu'elle disparaît au point I ($T^* = 0°,016_7$). La courbe *c* présente un maximum au point II ($T^* = 0°,010_8$), situé dans la région du ferromagnétisme. En dehors de l'ambiguïté de T^* due au maximum, il est plus rationnel de caractériser l'état de la substance par le rapport du champ initial H_i et de la température avant désaimantation T_i, rapport qui détermine son entropie. On trouve ainsi, pour I, 12 Kgauss/degré et, pour II, 20 Kgauss/degré. La température la plus basse obtenue avec cette substance correspond à 40 Kgauss/degré et $T^* = 0°,015_8$.

Courbes d'hystérèse. — La courbe de la figure 2 a été obtenue à la température la plus basse mentionnée plus haut en faisant varier le champ extérieur entre + 2,4 et — 2,4 gauss. Les ordonnées représentent l'aimantation, les abscisses le champ intérieur, c'est-à-dire le champ extérieur moins le champ démagnétisant. (Au champ extérieur de 2,4 gauss correspond seulement un champ intérieur de 1,3 gauss.) La courbe de la figure 3 a été déterminée dans la région du maximum avec un champ extérieur maximum de 23 gauss. Le champ coercitif est sensiblement le même dans les deux cas : 0,4 gauss. Pour le magnétisme rémanent, on trouve, d'après la figure 2, 0,6 et, d'après la figure 3, 1,8 CGS. La figure 3 montre aussi qu'à partir d'un champ voisin de 10 gauss les phénomènes sont réversibles. La quantité de chaleur dégagée par cycle est, pour la figure 2, 1,3 erg/cm³ et, pour la figure 3, 8,5 erg/cm³. Il faut, bien entendu, tenir compte du fait que ces courbes d'hystérèse sont inévitablement des adiabatiques et que les courbes isothermes peuvent être un peu différentes. Quant à la grandeur de l'aimantation spontanée, on ne peut pas la déduire directement de ces mesures magnétiques. Cependant, le fait que l'entropie à la température la plus basse n'est que les cinq centièmes de la valeur $R.\mathrm{Log}_e 2$ correspondant au désordre complet des aimants élémentaires [4], montre que l'aimantation spontanée qui, elle aussi, mesure l'état d'ordre, devrait être voisine de la saturation absolue. La saturation absolue de l'alun de fer étant voisine de 100 CGS, le fait que les aimantations mesurées à la température la plus

(4) L'entropie magnétique totale de l'alun de fer à haute température est $R.\mathrm{Log}_e 6$ (Cf. *Proc. Roy. Soc.*, 149, 1935, p. 154), mais le champ électrique du réseau la réduit à $R.\mathrm{Log}_e 2$ dans la région de température en question.

basse sont beaucoup plus petites, suggère que l'alun de fer — ou du moins notre échantillon — est magnétiquement assez dur.

Nous donnons ci-après une liste de sels qui, d'après nos expériences, deviennent ferromagnétiques, en indiquant pour chacun d'eux les valeurs de H_i/T_i et de T^* correspondant au point de Curie ainsi que le rapport (mis entre parenthèses) du diamètre de l'échantillon étudié à sa longueur :

	(H_i/T_i).	T^*	
$CsTi(SO^4)^2, 12H^2O$..........	26	0,004	(1/4)
$KCr(SO^4)^2, 12H^2O$...........	~15	~0,02	(1/2,5)
$NH^4Fe(SO^4)^2, 12H^2O$........	12	0,017	(1/6)
$(NH^4)^2Mn(SO^4)^2, 6H^2O$......	~ 7	0,10	(1/2,5)
$K^2Mn(SO^4)^2, 4H^2O$..........	~ 7	~0,3	(1/3)

Nous signalons enfin que nous avons déterminé l'échelle absolue des températures pour l'alun de fer et trouvé que la température du point de Curie est $T = 0{,}03_4^\circ$K.

SPECTROSCOPIE. — *La position des bandes* (CH) *des dérivés halogénés des carbures saturés et le moment électrique de ces molécules.* Note de M. **Pierre Barchewitz**, présentée par M. Aimé Cotton.

Cette Note a pour but de montrer la relation qui existe entre la position des bandes (CH) des dérivés halogénés des carbures et la répartition des charges électriques à l'intérieur de la molécule.

Barnes et Fulweiler [1] croyaient que la différence dans la position des bandes des dérivés du benzène était due à un effet de *masse*, Freymann [2] a indiqué que cette hypothèse était erronée, le déplacement des bandes (CH =) étant fonction du moment électrique des groupements substitués au benzène.

Position des bandes (CH). — *a. Dérivés halogénés ne renfermant que des groupements* (CH). — Le spectre de ces composés est formé de bandes très fines (largeur de 50 à 75 Å). Les bandes du chloroforme et du bromoforme ont sensiblement les mêmes positions, tandis que celles du pentachloréthane et de l'heptachloréthane sont déplacées vers les grandes longueurs d'onde.

(1) *J. Amer. Chem. Soc.*, **49**, 1927, p. 2034.

(2) *Ann. de Physique*, **10**, 1933, p. 300.

Le tableau ci-dessous donne la position des bandes principales (3ᵉ et 4ᵉ harmoniques de la bande fondamentale vers $3^{\mu},5$) de quelques composés.

Corps.	λ du troisième harmonique en Å.	λ du quatrième harmonique en Å.	Moment électrique de la molécule.
Chloroforme	8838	7233	$1,05.10^{-18}$
Bromoforme	8836	7233	$1,0\ .10^{-18}$
Pentachloréthane	8938	7294	$1,0\ .10^{-18}$
Tétrachloréthane symétrique	8941	7297	$1,6\ .10^{-18}$
Dichloroacétylchloride	8896	7266	?

La bande (CH), la plus intense des carbures à chaîne normale, se trouve au voisinage de 9200 Å. On observe donc un très grand déplacement de la bande (CH) du chloroforme et du bromoforme vers les grandes fréquences par rapport à la bande (CH) des carbures saturés, le vibrateur (CH) se trouve perturbé par les moments électriques des trois groupements (C-Cl); au contraire, le pentachloréthane à un chlore remplacé par le groupement (CCl^3) qui se trouve à une distance suffisamment grande du vibrateur (CH) pour que le moment électrique de ce radical ne produise pas d'effet appréciable, on doit donc s'attendre à un déplacement beaucoup moins grand vers les grandes fréquences. On peut montrer que le tétrachloréthane symétrique a deux vibrateurs (CH) qui sont sensiblement perturbés de la même façon que le vibrateur (CH) du pentachloréthane; l'expérience montre en effet que la position des bandes (CH) de ces deux composés est à peu près la même.

On voit donc que les déplacements des bandes sont liés à la répartition géométrique des charges électriques dans la molécule.

b. Dérivés hologénés ne renfermant que le groupement (CH^2). — Les bandes de ces composés sont doubles ou dissymétriques. On constate pour le bromure de méthylène un très grand déplacement; ce fait peut s'expliquer de la même façon que précédemment. Le tableau ci-dessous donne les positions des bandes (CH^2) pour quelques composés.

Corps.	λ du 3ᵉ harmon. en Å.	λ du 4ᵉ harmon. en Å.	Moment électrique de la molécule.
Bromure de méthylène	8831	7232	$1,39.10^{-18}$
Dibromoéthane symét.	8940	7299	$1,4\ .10^{-18}$
	9019	?	–
Dichloroéthane symét.	8952	7312	$1,8\ .10^{-18}$
	9023	?	–
Bromochloroéthane	8963	7318	$0,92\text{-}1,19.10^{-18}$
	9034	?	–

c. Dérivés halogénés ne renfermant que le groupement (CH^3). — Les bandes de ces composés sont formées de trois composantes; deux composantes ont une grande intensité (*i*) et la troisième est très faible (*f*). Le tableau ci-dessous donne les positions de ces bandes.

Corps.	λ du 3e harmon. en Å.	λ du 4e harmon. en Å.	Moment électrique de la molécule.
Chlorure de butyle tertiaire.	9038 (*i*) 9162 (*i*) 9349 (*f*)	7403 (*i*) 7468 (*i*) 7614 (*f*)	$2,14.10^{-18}$
Bromure de butyle tertiaire.	9067 (*i*) 9190 (*i*) 9372 (*f*)	7414 (*i*) 7486 (*i*) 7619 (*f*)	$2,2\ .10^{-18}$
Bromure d'isopropyle.......	9067 (*i*) 9175 (*f*)	7404 (*i*) 7498 (*f*)	$2,09.10^{-18}$

Pour les composés halogénés à chaîne carbonée plus longue, certains vibrateurs (CH) se trouvant au voisinage de l'halogène devraient être plus influencés que les vibrateurs (CH) en bout de chaîne, on n'observe cependant qu'un nombre réduit de bandes et tout se passe, pour la position des bandes (CH), comme si seul le moment électrique total de la molécule intervenait.

Signalons que les composantes des bandes (CH) sont d'autant plus fines que le poids de l'halogène est plus élevé, c'est ainsi que les composantes du bromure d'éthyle sont à peine observables, tandis que l'iodure d'éthyle présente très nettement quatre composantes. Ce fait paraît général pour tous les autres composés étudiés.

On peut donc conclure que la position des bandes (CH) ne dépend pas du poids des halogènes, ni du moment électrique total de la molécule, mais des moments électriques partiels, en tenant compte de leur direction et de leur distance au vibrateur envisagé.

SPECTROCHIMIE. — *Sur l'excitation par résonance du doublet fondamental du cuivre dans la vapeur de chlorure cuivreux.* Note de M. **Jean Terrien**, présentée par M. Aimé Cotton.

Lorsqu'on projette dans la vapeur de chlorure cuivreux, au moyen d'un condenseur en quartz, l'image d'une étincelle entre électrodes métalliques,

on excite une fluorescence dont le spectre comprend principalement : 1° les bandes de CuCl, que nous avons étudiées dans une Note récente ([1]); 2° le doublet fondamental du cuivre $\lambda 3247,550 - 3273,967$ Å, $1^2S - 2^2P_{1,2}$. C'est ce doublet, que nous appellerons doublet du cuivre, dont nous voulons dans cette Note étudier les conditions et le mécanisme d'excitation.

Si l'on disperse la lumière excitatrice en faisceaux monochromatiques, pour employer la méthode des spectres croisés déjà décrite ([1]), on obtient simultanément une série de spectres de fluorescence excités chacun par l'un de ces faisceaux; mais sur un cliché normalement posé, où l'on voit toujours les bandes de CuCl, aucun ne montre le doublet du cuivre. Cependant, en prolongeant la durée d'exposition, et en employant une étincelle entre électrodes de cuivre, on peut obtenir ce doublet sur le cliché. On constate alors qu'il est émis dans la région de la vapeur traversée par le faisceau excitateur qui transporte les radiations ayant la même longueur d'onde que lui.

Ce résultat peut suggérer le mécanisme d'excitation suivant : certaines radiations ultraviolettes sont absorbées par les molécules Cu^2Cl^2 de la vapeur, et provoquent l'expulsion d'un atome de cuivre. Cet atome, libre momentanément, est susceptible d'entrer en résonance optique et de donner lieu à l'émission observée du doublet de résonance. Une série d'expériences que nous allons décrire a permis de confirmer ces hypothèses :

1° On peut exciter la résonance du cuivre avec toutes les électrodes, même celles des métaux dits spectroscopiquement purs (Cd, Ag, Zn, Mg). Nous avons pu montrer, en effet, que le cuivre existe à l'état d'impureté dans tous ces métaux en quantité suffisante pour que leur spectre optiqué comporte les deux raies en question, qui sont d'ailleurs les raies ultimes du cuivre.

2° Le mécanisme envisagé comporte deux actions successives de la lumière sur la vapeur de chlorure cuivreux, la première fournissant des atomes libres de cuivre, la deuxième les excitant. On sait que dans ces conditions, l'intensité de l'émission, qui dépend à la fois de la densité des atomes et de la proportion de ceux-ci qui sont excités, doit varier comme le carré de l'énergie transportée par le faisceau excitateur. Des mesures de photométrie photographique ont bien vérifié cette loi quadratique.

3° Nous avons cherché un métal aussi pauvre en cuivre que possible.

([1]) J. Terrien, *Comptes rendus*, 204, 1937, p. 565.

L'argent *specpure Hilger* lab. 11058 (proportion de cuivre estimée à $1/10^7$) satisfait le mieux à cette condition. On a photographié le spectre de la fluorescence excitée 1° par cet argent pur, 2° par de l'argent vierge ordinaire. Le spectre 2 contient le doublet du cuivre, tandis qu'il a presque disparu du spectre 1.

4° *Excitation double*. — On envoie dans le tube à fluorescence deux faisceaux se propageant en sens inverse sur le même axe. Le faisceau A transporte la lumière totale de l'étincelle entre électrodes d'argent pur, dont l'image se forme dans la vapeur; son spectre est à peu près exempt de la radiation de résonance du cuivre. Le faisceau B, produit par une étincelle de cuivre en série avec l'étincelle d'argent, vient former dans la même région de la vapeur l'image de la fente de sortie d'un monochromateur; son spectre ne comporte qu'une étroite bande spectrale contenant le doublet du cuivre. On fait alors les expériences suivantes : on laisse pénétrer dans la vapeur : 1° le faisceau A seul; comme on l'a déjà vu, l'émission du doublet du cuivre est très faible; 2° les faisceaux A et B simultanément, là où les faisceaux se superposent, l'émission est nettement renforcée; 3° le faisceau B seul; on n'observe aucune émission, même en prolongeant la durée de la pose.

La comparaison de 3 et 2 montre que la dissociation thermique ne peut être rendue responsable de la présence d'atomes libres de cuivre, ou du moins que la quantité libérée de ce fait est négligeable devant celle qui vient de la dissociation photochimique. La comparaison de 1 et 2 montre qu'aucune des radiations émises par l'argent pur n'est apte à exciter dans la vapeur le doublet du cuivre avec autant d'intensité que le font les raies émises par l'étincelle de cuivre elle-même et isolées par le monochromateur.

On peut donc affirmer que l'émission du doublet du cuivre dans la vapeur de chlorure cuivreux est le résultat d'une excitation en deux étapes : dissociation photochimique de Cu^2Cl^2 donnant des atomes libres de cuivre, et résonance optique de ces atomes.

A la dissociation photochimique de Cu^2Cl^2 doit correspondre une bande d'absorption continue ultraviolette. La lumière totale de l'étincelle de magnésium, dont presque toute l'énergie ultraviolette est concentrée aux environs de 2800 Å, étant capable de provoquer l'émission du doublet du cuivre, il faut que cette bande d'absorption s'étale vers les grandes longueurs d'onde jusqu'à cette région spectrale. Or nous avons montré (2)

(2) J. Terrien, *Comptes rendus*, 200, 1935, p. 1096.

que le spectre d'absorption ultraviolet de la vapeur de chlorure cuivreux comporte en effet, superposée à la bande continue qui correspond à l'excitation du spectre moléculaire de CuCl, une autre large bande continue qui s'étend, dans les conditions où sont faites les expériences de fluorescence, jusqu'à la région 2800-3000 Å, et même au delà à température plus élevée.

On voit donc que, comme l'étude de l'émission des bandes de CuCl, l'étude de l'émission du doublet du cuivre donne des résultats en accord avec ceux de l'étude de l'absorption ultraviolette, et permettent de donner à ceux-ci une interprétation précise.

EFFET RAMAN. — *Recherches sur les complexes de Werner. Spectre Raman de composés de coordinence quatre et six.* Note de M. **Jean-Paul Mathieu**, présentée par M. Aimé Cotton.

Nous avons étudié le spectre Raman de composés amminés du platine et du rhodium, parce que ces complexes sont incolores et voisins de l'état parfait. Les composés étaient en solution dans l'eau, à des concentrations comprises entre 12 pour 100 et 20 pour 100. Le spectre Raman excité, soit par la raie 4358 Å du mercure, soit par l'ensemble des raies 4047 Å et 4358 Å, était comparé à celui que donnent des solutions d'ammoniaque ou d'éthylènediamine (*en*), à des concentrations égales à celles qu'elles possèdent dans la solution du complexe.

Complexes carrés. $Cl^2[Pt(NH^3)^4]$. L'ion possède les éléments de symétrie du groupe D_{4h} de Schönflies. La théorie (1) prévoit l'existence de trois raies Raman, dont deux sont dépolarisées. Nous avons pu observer avec certitude une seule raie caractéristique du complexe $\Delta\nu = 505\ cm^{-1}$, assez intense, et dont le facteur de dépolarisation est petit. Cette raie correspond très probablement à la vibration fondamentale symétrique.

$Cl^2[Pt\,en^2]$. La symétrie de l'ion est V_h. En assimilant chacun des groupes *en* à un oscillateur unique, d'ailleurs anisotrope, on peut s'attendre à trouver une raie Raman du complexe, correspondant à la vibration symétrique. Nous avons, en effet, trouvé une raie forte et polarisée, $\Delta\nu = 525\ cm^{-1}$; mais il en apparaît une autre, moins intense, $\Delta\nu = 225\ cm^{-1}$, dont nous ne pouvons préciser l'origine.

Remarquons que l'étude de l'effet Raman ne peut fournir d'arguments

(1) G. Placzek, *Handbuch der Radiologie*, Leipzig 1934, 6, p. 278.

qui permettent de choisir entre la structure tétraédrique et la structure carrée des complexes du platine bivalent, car la théorie prévoit dans les deux cas le même nombre de raies, et polarisées de façon analogue.

Complexes octaédriques. $Cl^3 [Rh (NH^3)^6]$. Symétrie O_h. La théorie prévoit trois raies. On trouve une raie assez forte $\Delta\nu = 475$ cm^{-1} (vibration symétrique ?), et deux raies faibles $\Delta\nu = 390$ cm^{-1} et $\Delta\nu = 560$ cm^{-1}. Leur état de polarisation n'a pas été étudié.

$Cl^4 [Pt\, en^3]$. Symétrie D_3. Au lieu des trois raies prévues par la théorie, on en trouve quatre : $\Delta\nu = 250$, 439, 550, 960 cm^{-1}. La forte raie 550, polarisée, correspond à la vibration symétrique. La raie polarisée 250 a une origine incertaine. Les résultats sont analogues pour les complexes correspondants du rhodium et de l'iridium.

Dans le spectre de tous les complexes étudiés, que la coordinence soit égale à 4 ou à 6, on trouve certaines raies de l'ammoniaque ($\Delta\nu = 965$, 1070), ou de l'éthylènediamine ($\Delta\nu = 840$, 1070, 1450, 2951), dont la fréquence est parfois légèrement altérée. Par contre, les fortes raies $\Delta\nu = 3365$ cm^{-1} de NH^3 et $\Delta\nu = 3295$ et 3360 cm^{-1} de *en* manquent. Cette absence indique une altération subie par les mouvements de ces molécules du fait de leur entrée dans un complexe. Rappelons, à ce sujet, que Freymann et ses collaborateurs (2) ont constaté dans le spectre infrarouge de cobaltammines l'absence d'un harmonique de la fréquence précédente de NH^3 (qu'ils attribuent à une vibration N — H), et qu'ils ont proposé une interprétation de ce fait expérimental (3).

CHIMIE ANALYTIQUE. — *Caractérisation et microdosage des nitrates.* Note de MM. **Maurice Lemoigne**, **Pierre Monguillon** et **Robert Desveaux**, présentée par M. Gabriel Bertrand.

Dans le travail que nous poursuivons sur le rôle biochimique possible de l'hydroxylamine, nous avons dû rechercher des traces de nitrates en présence de sels ammoniacaux qui gênent les réactions colorées couramment utilisées.

Nous avons été ainsi amenés à instituer une méthode qui nous semble utilisable en chimie biologique et agricole.

(2) P. Job, Mme M. Freymann et R. Freymann, *Comptes rendus*, 200, 1935, p. 1043.
(3) Mme M. Freymann et R. Freymann, *Journal de Physique*, 7e série, 7, 1936, p. 506.

Il nous fallait une réaction spécifique, sensible et fidèle, se prêtant à un travail en série et pouvant être effectuée sans concentration préalable des liquides à analyser et sans emploi d'un grand excès d'acide sulfurique ou chlorhydrique concentré. Aucune des diverses techniques actuellement employées, malgré leurs avantages, ne nous donnait satisfaction. La réaction de Griess pour les nitrites présente au contraire les qualités requises. Il était par suite tentant de chercher à ramener le cas des nitrates à celui des nitrites.

C'est ce qu'ont fait L. Ilosway de N. Ilosva en 1889 (1), Blom en 1928 (2) et Casarès en 1936 (3). Mais les réactions proposées sont purement qualitatives, peu fidèles et donnent des colorations peu intenses et mêmes fugaces dans le cas des deux dernières.

Nous avons essayé plusieurs réducteurs et reconnu que le zinc, déjà utilisé par les auteurs précédents, offre de grands avantages pratiques et permet d'obtenir une coloration stable si on l'élimine par centrifugation ou filtration avant d'ajouter l'acide sulfanilique et la naphtylamine.

Mais néanmoins la coloration garde une intensité faible et surtout très variable.

En effet la réaction de Griess permet de suivre seulement la formation de l'acide nitreux, formation très irrégulière puisqu'à côté prennent naissance d'autres composés azotés dont les principaux sont l'acide hyponitreux, l'hydroxylamine et l'ammoniaque. Leurs proportions varient très rapidement avec les conditions expérimentales.

On obtiendra évidemment une réaction plus intense et plus régulière si l'on transforme l'acide hyponitreux et l'hydroxylamine produits en acide nitreux. Il est facile d'y arriver en oxydant ces composés par l'iode en solution acétique.

Tout le problème revient alors à déterminer les conditions pour que la quantité totale de l'azote des acides nitreux et hyponitreux et de l'hydroxylamine reste constante. Elles sont moins strictes et par conséquent plus faciles à réaliser que celles qu'il faudrait observer pour régulariser la réduction directe de l'acide nitrique en acide nitreux. Nous avons étudié ces conditions, et les résultats obtenus, qui paraîtront dans un autre recueil, conduisent à la technique suivante :

---

(1) *Bull. Soc. Chim.*, **2**, 1889, p. 347.
(2) *Biochem. Ztsch.*, **194**, 1928, p. 392.
(3) *Ann. esp. fisica quim.*, **34**, 1936, p. 587.

10$^{cm^3}$ de solution à analyser sont ajustés à un pH de 2 à 3,5, additionnés de 1^{g} de sulfate d'ammonium et d'une quantité d'eau suffisante pour l'amener à 20$^{cm^3}$. On refroidit dans la glace fondante, on ajoute 1^{g} de zinc et l'on agite. On maintient au froid trois minutes et l'on sépare le zinc. 10$^{cm^3}$ du liquide sont mis dans une fiole jaugée de 50$^{cm^3}$ et additionnés de 1$^{cm^3}$ d'acide sulfanilique et de 1$^{cm^3}$ d'iode en solution acétique. Après trois minutes on élimine l'iode par du thiosulfate de sodium sans excès, on ajoute 1$^{cm^3}$ de naphtylamine et on complète de suite à 50$^{cm^3}$; les réactifs sont ceux de la réaction de Blom ([1]). On fait la même opération avec des solutions de nitrate de sodium N/10000, N/20000 et N/40000. Après vingt minutes on compare les colorations obtenues à celles des solutions témoins. S'il y a un trop grand écart entre leurs intensités, on recommence la réaction après avoir fait les dilutions nécessaires pour ne comparer que que des intensités presque égales. Avec des solutions contenant 0^{mg},14 à 1^{mg},4 d'azote nitrique par litre l'approximation est de ± 3 pour 100.

On peut, bien entendu, simplifier la technique pour des recherches qualitatives. En partant de 20$^{cm^3}$ on décèle sûrement 0^{mg},01 d'azote nitrique par litre.

Naturellement il faut n'utiliser que des produits dont la pureté sera très soigneusement vérifiée par des essais à blanc.

Parmi les nombreux sels essayés, seuls les sels de cuivre et les sels ferreux gênent et doivent être éliminés.

La réaction est spécifique en l'absence d'acide nitreux, d'acide hyponitreux et d'hydroxylamine. Si ces produits existent seulement en faible proportion par rapport au nitrate, on les dosera par les réactions de Griess et de Blom, et on les défalquera du résultat final.

Si au contraire l'acide nitrique n'est qu'à l'état de traces par rapport à ces composés, on les transforme tous en nitrites par l'iode en solution acétique, et l'on détruit l'acide nitreux par l'urée et l'acide chlorhydrique à froid. L'iode en excès ne gène pas cette destruction et ne doit être éliminé que par l'action du zinc. Les autres réducteurs comme le thiosulfate réagissent sur les nitrates sans donner les composés que nous caractérisons.

Conclusion. — Cette réaction est spécifique, sensible et fidèle; elle se prête au travail en série, et peut être effectuée sans concentration préalable. Elle nous a permis de vérifier l'absence de nitrates dans nos

([1]) M. Lemoigne, P. Monguillon et R. Désveaux, *Bull. soc. chim. biol.*, 18, 1936, p. 841.

milieux de culture. Elle peut à notre avis, être utile en chimie biologique et agricole; nous l'avons déjà employée pour le dosage des nitrates dans les eaux et le sol.

ANALYSE ÉLECTROLYTIQUE. — *Une nouvelle méthode électroanalytique pour le dosage de l'antimoine.* Note de M. S. **Lj. Yovanovitch**, présentée par M. Gabriel Bertrand.

Les méthodes électroanalytiques connues pour le dosage de l'antimoine ont certains points faibles, soit qu'elles sont trop compliquées, soit qu'elles donnent des résultats qui ne sont pas suffisamment exacts [1].

Nous avons essayé de trouver une méthode électroanalytique pour le dosage de l'antimoine avec laquelle on pourrait doser non seulement les petites quantités mais aussi les grandes.

Étant donné que l'acide sulfurique est certainement l'électrolyte le plus propice, une telle méthode aurait pu être celle par électrolyse du sulfate d'antimoine en solution dans l'acide sulfurique dilué. Le sulfate d'antimoine dans une telle solution est fort hydrolysé. Bien que dans la bibliographie on ne soutienne pas la nécessité de filtrer les solutions troubles, on les filtre toujours avant l'électrolyse.

Nous avons électrolysé directement des galénites en présence d'une grande quantité de résidu non dissous et nos résultats ont été bons quand même. Nous avons essayé l'électrolyse de solutions de sulfate d'antimoine dans l'acide sulfurique, solutions dans lesquelles une petite quantité seulement d'antimoine était dissoute, la quantité principale étant le précipité d'hydrolyse. L'antimoine déposé de telles solutions avait, à la fin, une structure spongieuse, aussi avons-nous travaillé dans la suite avec une différence de potentiel limitée; nous n'avons pas mesuré le potentiel de la cathode par la méthode potentiométrique, nous avons simplement tâché de limiter la différence de potentiel entre la cathode et l'anode, en supposant

(1) A. Classen et W. Reiss, *D. ch. G.*, 14, 1881, p. 1622; A. Classen, *D. Ch. G.*, 17, 1884, p. 2474; A. Classen et R. Ludwig, *D. ch. G.*, 18, 1885, p. 1104; A. Fischer, *D. ch. G.*, 36, 1903, p. 2348; Henz, *Zeit. anorg. Ch.*, 37, 1903, p. 29; Foerster et Wolf, *Zeit. El. Ch.*, 13, 1907, p. 205; J. MM. Dormaar, *Zeit. anorg. Ch.*, 53, 1907, p. 349; H. J. S. Sand, *Zeit. El. Ch.*, 13, 1907, p. 326; O. Scheen, *Zeit. El. Ch.*, 14, 1908, p. 257; M. A. Lassieur, *Comptes rendus*, 177, 1923, p. 263; E.-P. Schoch et D.-J. Brown, cf. A. Engelenburg, *Zeit. anal. Ch.*, 62, 1923, p. 257; H. J. S. Sand, *Zeit. El. Ch.*, 15, 1909, p. 238.

qu'il n'y avait pas, au cours de l'électrolyse, de modifications assez grandes pour avoir un effet défavorable sur la qualité de l'antimoine. L'expérience nous a donné raison.

Pour le contrôle de la méthode nous avons employé de l'antimoine le plus pur qui contenait, d'après la Maison Kahlbaum, 99,95 pour 100 d'antimoine, ce qui nous a permis d'opérer indépendamment des autres méthodes analytiques.

On dissout une quantité pesée du métal dans 12^{cm^3} d'acide sulfurique concentré contenu dans un gobelet de verre de 200^{cm^3}. Par un fort chauffage l'acide sulfurique distille et se condense sur le verre de montre avec lequel le gobelet est couvert. Une quantité plus petite d'acide sulfurique ne peut dissoudre une telle quantité d'antimoine. Quand tout le métal est dissous, on laisse la solution refroidir; le sulfate d'antimoine se prend en masse de beaux cristaux; le verre de montre est lavé avec une nouvelle quantité de 2^{cm^3} d'acide sulfurique concentré, on ajoute peu à peu de l'eau en agitant doucement, jusqu'à ce que tout le sulfate d'antimoine ne soit plus dissous. Ceci est très important. On ajoute ensuite de l'eau pour que le volume total soit d'environ 150^{cm^3}. L'hydrolyse se produit et le précipité déposé est haut de 2^{cm} environ.

Nous avons électrolysé à la température de 85-90°C. avec les électrodes de A. Fischer en agitant.

Tant qu'il y a du précipité on peut travailler sous la différence de potentiel de 2,4 volts, l'intensité dépassant 3 ampères. Quand le précipité disparaît, on doit diminuer le potentiel à 2,2 volts. Cette phase de l'expérience a une durée de 20 minutes à peu près pour la quantité de 1^g du métal. Soudain le potentiel tend à augmenter et l'on doit attentivement le maintenir pour qu'il ne dépasse pas 2,2 volts, parce que, autrement, on pourrait dépasser la densité maximum du courant et l'on aurait un mauvais dépôt de l'antimoine dû au dégagement de l'hydrogène. Pour peu de temps il faut que le potentiel soit entre 2 et 2,2 volts, et quand l'intensité tombe à 0,4 ampères, il faut continuer l'électrolyse encore 30 minutes sous le potentiel de 2,2 volts pour précipiter complètement l'antimoine. On lave deux fois à l'eau et une fois à l'alcool, en agitant énergiquement. Toute l'électrolyse est terminée en 60 à 75 minutes. Le potentiel n'a pas dépassé 2,2 volts à partir du moment où le précipité a disparu; le dépôt d'antimoine est gris clair, bien adhérent et on peut le laver sans crainte de perte. Quand l'électrolyse est terminée, il ne reste dans la solution aucune trace d'antimoine décelable par l'hydrogène sulfuré.

Le tableau suivant contient les résultats obtenus :

Numéro.	Pesé Sb.	Trouvé Sb.	Différence.	Pour 100.
	g	g	mg	
1........	0,9970	0,9970	−0,6	99,94
2........	0,0008	0,9984	−2,4	99,76
3........	0,9994	0,9976	−1,8	99,82
4........	1,1854	1,1840	−1,4	99,88
5........	1,0043	1,0025	−1,8	99,82
6........	1,0016	1,0000	−1,6	99,84
7........	1,0000	0,9994	−0,6	99,94
8........	1,0016	0,9995	−2,1	99,79
9........	1,0030	1,0013	−1,7	99,83
10........	1,0007	0,9994	−1,3	99,87
		Moyenne....................		99,85

Tous les détails sur le mode opératoire, les explications théoriques et les données numériques de ce travail paraîtront prochainement ailleurs.

CHIMIE MINÉRALE. — *Dissociation du zircon.* Note (1) de MM. **Henri George** et **Roger Lambert**, présentée par M. Georges Urbain.

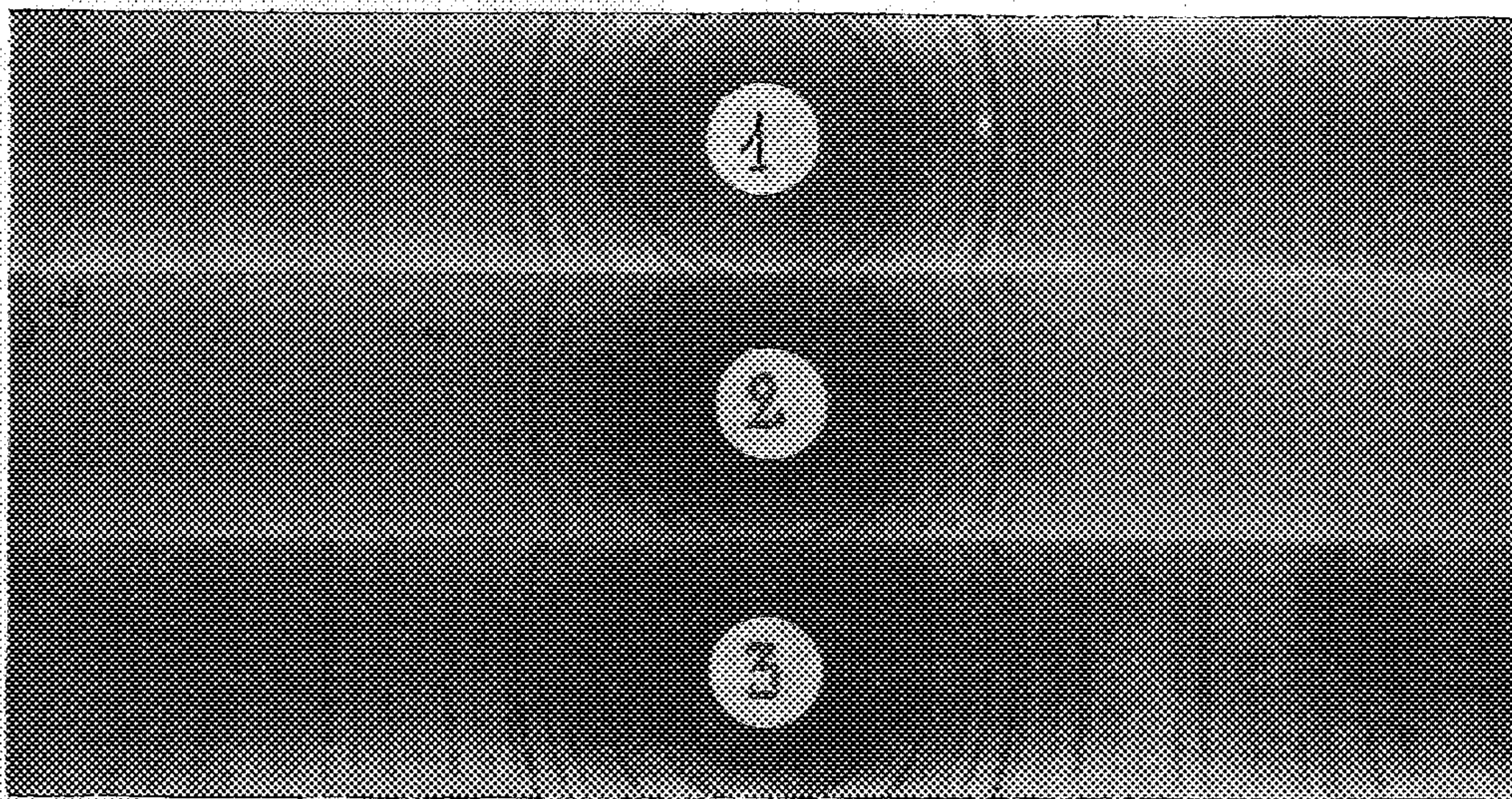
Le silicate de zirconium ou zircon ($SiO^2 . ZrO^2$), fondu au four électrique et refroidi rapidement, est dissocié entièrement et ne contient plus que les deux phases silice et zircone (ZrO^2); la zircone cristallise dans la silice qui reste à l'état vitreux.

	Composition en poids du zircon	
	naturel.	fondu.
Silice libre..........................	3,40	31,95
Silice combinée......................	28,60	0,00
Anhydride titanique..................	1,10	1,16
Sesquioxyde de fer...................	0,08	0,31
Alumine..............................	0,37	0,26
Zircone..............................	65,30	64,80
Perte au feu.........................	0,20	0,00
Non dosés et pertes..................	0,95	1,52

(1) Séance du 8 février 1937.

Les diagrammes Debye-Scherrer obtenus par diffraction d'un faisceau de rayons X par le zircon fondu et par la zircone sont identiques (voir la figure) ([2]).

La zircone est sous la forme monoclinique.



1. Zircone monoclinique; 2. Zircon fondu et refroidi rapidement; 3. Zircon naturel (Travaucore).

La dissociation n'est complète qu'à condition de fondre le zircon et de refroidir rapidement.

La calcination du zircon naturel à une température inférieure à sa température de fusion ne provoque qu'une dissociation partielle.

A 1650° par exemple la proportion de silice libérée ne peut dépasser 10 pour 100.

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur la constitution du caoutchouc minéral.* Note de M. ARMAND MARIE DE FICQUELMONT, présentée par M. Marcel Délépine.

Il existe toute une série de chlorures de phosphonitrile répondant à la formule générale $(PNCl^2)^x$ et l'on connaît, en particulier, les termes correspondant à $x = 3, 4, 5, 6$ et 7 ([1]). Tous ces composés possèdent la

([2]) L'examen au microscope d'une surface de zircon fondu, polie puis attaquée par l'acide fluorhydrique dilué, met en évidence les cristaux de zircone.

([1]) STOKES, *Am. Chem. Journal*, 171, 1895, p. 275 et 19, 1897, p. 782.

propriété remarquable de se transformer rapidement vers 350°, en une substance amorphe, insoluble et infusible, dont les propriétés mécaniques sont analogues à celles du caoutchouc et que l'on désigne généralement, pour cette raison, sous le nom de *caoutchouc minéral*. D'après les différents auteurs qui l'ont étudiée ([2]), cette substance serait un mélange constitué uniquement par des chlorures de phosphonitrile de poids moléculaires très élevés. Dans la présente Note je montrerai, au contraire, que le caoutchouc minéral, tout comme les *gommes* obtenues par Renaud ([3]) à température plus basse, doit renfermer, à côté de composés hautement polymérisés qui forment une sorte de réseau, des termes inférieurs de la série qui se trouvent emprisonnés dans les mailles de ce réseau. Cette manière de voir permet en effet d'interpréter simplement tous les phénomènes apparents de dépolymérisation du caoutchouc minéral qui ont été signalés jusqu'ici.

Suivant la notation en usage pour les polystyrènes j'engloberai sous le nom de *composés* α tous les chlorures de phosphonitrile solubles et je désignerai par *composés* β les hauts polymères insolubles, pour marquer ainsi la profonde analogie qui existe entre la série organique des polystyrènes et la série minérale des chlorures de phosphonitrile. En particulier, il paraît y avoir une grande similitude entre la structure des composés β de ces deux séries, le caoutchouc minéral présentant, lui aussi, après étirage, un diagramme de fibres aux rayons X ([4]).

I. A la température ordinaire, le caoutchouc minéral perd peu à peu ses propriétés élastiques en même temps que des formes cristallines apparaissent dans sa masse. La partie cristallisée du produit se dissout lentement dans des solvants organiques tels que l'éther, le dioxane ou les carbures benzéniques, et l'on obtient ainsi des solutions qui renferment surtout les chlorures de phosphonitrile trimère et tétramère. On pouvait donc supposer, comme l'ont fait récemment Kurt Meyer, Lotmar et Pankow ([4]), que le caoutchouc minéral se dépolymérise lentement, mais cette interprétation soulève les objections suivantes : tout d'abord le caoutchouc minéral ne cristallise jamais complètement, et la partie qui reste amorphe et insoluble peut être ensuite conservée sans altération

---

([2]) Stokes, *loc. cit.;* Schenck et Römer, *Berichte d. chem. Ges.*, 27, 1924, p. 1343.

([3]) Renaud, *Comptes rendus*, 194, 1932, p. 2054 et *Ann. de Chim.*, 11e série, 3, 1935, p. 343.

([4]) Kurt Meyer, W. Lotmar et W. Pankow, *Helvetica Chemica Acta*, 19, 1936, p. 930.

pendant des années; d'un autre côté, le caoutchouc minéral dans lequel sont apparues des formes cristallines reprend son aspect amorphe et ses propriétés élastiques quand on le chauffe à une température relativement basse (50° à 90°) qui correspond précisément à la température de fusion du mélange des polymères solubles; abandonné de nouveau à la température ordinaire, il ne recristallise encore que partiellement et au bout de quelques semaines. Le caoutchouc minéral se comporte donc comme un mélange dont une partie, d'ailleurs soluble, cristalliserait lentement, tandis que le reste serait réellement insoluble et incristallisable, et il ne paraît y avoir ainsi aucune raison d'admettre une dépolymérisation quelconque des chlorures de phosphonitrile à basse température.

II. Chauffé avec de l'eau, le caoutchouc minéral se transforme en quelques minutes en un produit d'où l'on peut extraire facilement des chlorures de phosphonitrile de poids moléculaires peu élevés. Sachant, d'autre part, que le trimère et le tétramère sont encore à peine attaqués alors que les termes plus élevés sont déjà complètement hydrolysés en acides polymétaphosphimiques, sans d'ailleurs que la substitution des atomes de chlore par des oxhydriles soit accompagnée d'une dépolymérisation, on peut donc penser que les chlorures de phosphonitrile recueillis en décomposant le caoutchouc minéral par l'eau préexistaient déjà dans le produit initial.

III. Quand on chauffe lentement le caoutchouc minéral jusqu'à 500°, il se transforme en un produit noir, également insoluble et infusible, mais qui est dépourvu de toutes propriétés élastiques. Ce produit que j'appellerai γ semble résulter d'une polymérisation générale et complète de tous les constituants du caoutchouc minéral. Si le chauffage a lieu brutalement, il ne reste par contre qu'un résidu γ peu important; la plus grande partie du caoutchouc minéral distille et l'on recueille un mélange de polymères α; mais ceci ne correspond pas non plus, comme le croyait Stokes, à un phénomène de dépolymérisation; le traitement doit plutôt avoir pour effet de volatiliser la plus grande partie des constituants α du caoutchouc minéral, avant qu'ils aient eu le temps de se transformer en composés β non volatils.

Dans l'état actuel de mes recherches, les composés γ paraissent être ainsi les termes ultimes de la polymérisation des chlorures de phosphonitrile. Au-dessous de 500°, les chlorures de phosphonitrile évoluent progressivement vers des formes de plus en plus hautement polymérisées, et le caoutchouc minéral, mélange mal défini de composés α et β de propriétés

très différentes, ne constitue qu'un stade passager de cette évolution ; les polymères γ me semblent donc être les seuls termes stables à basse température, et nous ne devons sans doute la connaissance de tous les autres termes qu'à un hasard heureux qui fait que leurs vitesses de transformation sont relativement lentes dans un intervalle de température particulièrement étendu.

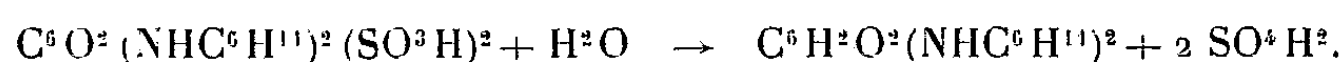
CHIMIE ORGANIQUE. — *Préparations et constitutions des* 2,5-*dicyclohexylamino*-1,4-*quinone*-3,6-*disulfonate de cyclohexylammonium*, 2,5-*dicyclohexylamino*-1,4-*quinone*, *et de l'acide hydroquinone*-2,5-*disulfonique*. Note de Mlle **Yvonne Garreau**, présentée par M. Georges Urbain.

J'ai signalé qu'un mélange d'hydroquinone et de sulfite d'ammonium, oxydé par l'air en présence d'hydroxyde cuivrique ammoniacal, donnait les α et β-diamino-1,4-quinone-disulfonates d'ammonium (1) et qu'en remplaçant l'ammoniac par la monométhylamine, j'avais obtenu le diméthylamino-quinone monosulfonate de monométhylammonium (2).

En remplaçant cette fois l'ammoniac par la cyclohexylamine, j'ai pu isoler un dicyclohexylamino-1,4-quinone-disulfonate de cyclohexylammonium, $C^6O^2(NHC^6H^{11})^2(SO^3H, NH.C^6H^{11})^2$.

J'ai obtenu cette même substance en oxydant par un courant d'air une solution d'acide β-hydroquinone-disulfonique et de cyclohexylamine, additionnée de $Cu(OH)^2$ (sans SO^{3--}).

Traité par l'acide chlorhydrique dilué, le dicyclohexylamino-1,4-quinone-disulfonate de cyclohexylammonium perd ses deux groupes sulfonés, à l'état d'ions SO^{4--}, pour donner un *x*, *x*-dicyclohexylamino-1,4-quinone.



$$C^6O^2(NHC^6H^{11})^2(SO^3H)^2 + H^2O \rightarrow C^6H^2O^2(NHC^6H^{11})^2 + 2\,SO^4H^2.$$

Cette propriété appartient généralement aux éthers sulfuriques. Il s'agit cependant bien ici d'un dérivé sulfoné, comme le montre le second mode de préparation indiqué ci-dessus.

Constitution de la x,x-dicyclohexylamino-1,4-*quinone*. — La position

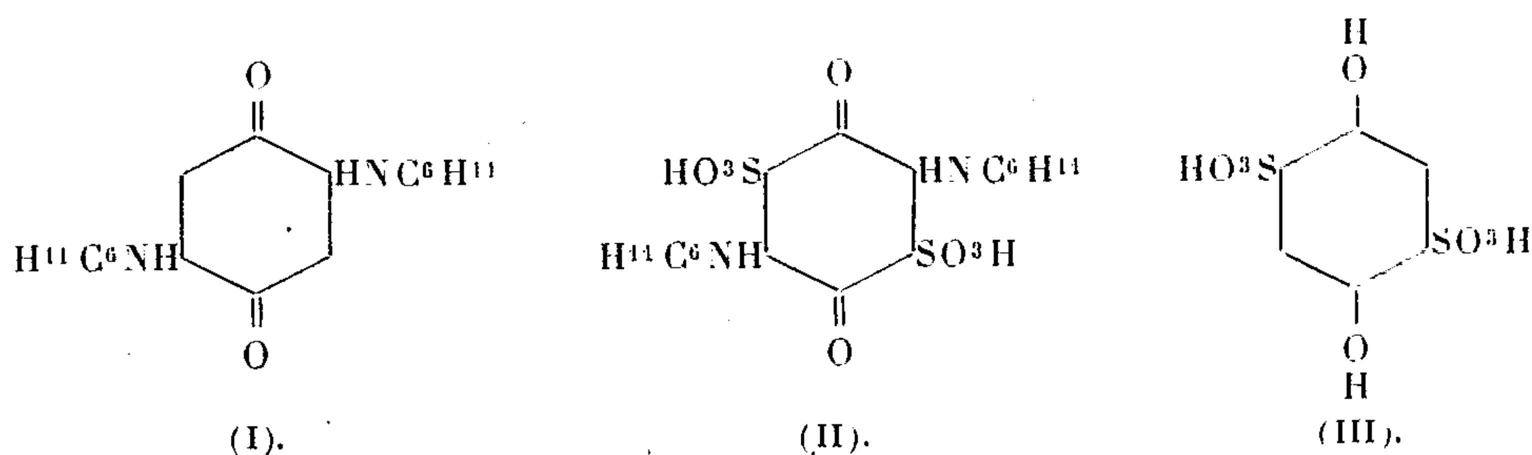
(1) *Bull. Soc. Chim.*, 5e série, **1**, 1934, p. 1563; *Comptes rendus*, **201**, 1935, p. 1515; **202**, 1936, p. 1186.

(2) *Comptes rendus*, **203**, 1936, p. 1073.

relative *para* doit être attribuée aux deux groupes -NH.C^6H^{11}, car la 2,5-dianilino-1,4-quinone, dont la constitution a été établie par R. Nietzki et Friedrich Schmidt (3), traitée par la cyclohexylamine à l'ébullition, donne la *x,x*-dicyclohexylamino-1,4-quinone.

Ces deux composés possèdent d'ailleurs un aspect et des solubilités analogues; ils peuvent être obtenus respectivement par action de la cyclohexylamine et de l'aniline sur la 1,4-quinone.

Je préciserai donc maintenant : 2.5-dixyclohexylamino-1.4-quinone (I)



Constitution de l'acide β-hydroquinone-disulfonique. — De ces considérations, il résulte que, dans l'acide dicyclohexylamino-1.4-quinone-disulfonique (II), et par conséquent dans l'acide β-hydroquinone-disulfonique (III) duquel il dérive, les groupes SO^3H sont en position relative *para*.

La constitution de cet acide, découvert par Graebe (4), n'avait pas été précisée jusqu'ici. Il faut signaler cependant que A. Quilico (5) a obtenu, par action de l'acide amido-sulfonique sur l'hydroquinone, un acide hydroquinone-2,5-disulfonique, dont la constitution résulte de sa transformation en 1,2,4,5-tétrachlorobenzène. Les propriétés que l'auteur indique, concernant cet acide, sont insuffisantes pour affirmer son identité avec l'acide β-hydroquinone-disulfonique de Graebe.

2,5-*Dicyclohexylamino*-1,4-*quinone* 3,6-*disulfonate de cyclohexylammonium* $C^6O^2(NHC^6H^{11})^2(SO^3H, C^6H^{11}NH^2)^2$. Cette substance peut être préparée en agitant au contact de l'air pendant plusieurs jours : 1° Cyclohexylamine 375^g, SO^2 65^g, hydroquinone 25^g, hydroxyde de cuivre 5^g, eau q. s. p. 1^l,150; 2° hydroquinone-2,5-disulfonate de cyclo-

(3) *Ber. d. chem. Ges.*, 22, 1889, p. 1653.
(4) *Lieb. Ann. der Ch.*, 146, p. 43.
(5) *Gazz. Chim. Ital.*, 57, 1927, p. 793.

hexylammonium $9^g,5$, cyclohexylamine 10^g, sulfate de cuivre 1^g, eau q. s. p. 350^{cm^3}.

Le précipité rouge brique formé est filtré et purifié par cristallisation dans la cyclohexylamine. Les aiguilles microscopiques obtenues sont solubles dans la cyclohexylamine à chaud, insoluble dans l'eau et les solvants usuels.

Analyse. — C % 53,94; H % 7,78; N % 8,32; S % 9,97 (calculé pour $C^{18}H^{32}O^8N^2S^2$; C % 54,49; H % 7,93; N % 8,48; S % 9,70).

Ces cristaux se dissolvent à chaud dans une solution de potasse, puis rapidement donnent un précipité jaune de dioxyquinone-disulfonate de potassium; traités à chaud par les acides dilués, ils donnent un précipité rouge clair de 2,5-dicyclohexylamino-1,4-quinone.

2,5-*Dicyclohexylamino*-1,4-*quinone* $C^6H^2O^2(NHC^6H^{11})^2$. — Ce composé peut être encore obtenu par traitement à l'ébullition à reflux : 1° de 6^g de *p*-quinone par 2^g de cyclohexylamine en solution alcoolique; 2° de 1^g de 2,5-dianilino-1,4-quinone par 25^g de cyclohexylamine (40 heures). La dissolution est alors totale. Après évaporation ou filtration, les résidus sont recristallisés dans l'alcool absolu. On obtient des paillettes rouge-clair F = 242°, insolubles dans l'eau, solubles dans l'alcool absolu chaud, insolubles dans l'alcool froid, solubles dans l'acide acétique chaud, insolubles dans les acides étendus et les lessives alcalines.

Analyse. — C % 71,61; H % 8,26; N % 9,16 (calculé pour $C^{18}H^{26}O^2N$, C % 71,47; H % 8,67; N % 9,27).

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur un mode de représentation des composés organiques.* Note (¹) de M. **André Cornillot**, présentée par M. Georges Urbain.

La théorie de la liaison chimique homéopolaire en mécanique ondulatoire consiste essentiellement à réunir les atomes par des paires d'électrons, suivant l'ancienne conception de G.-N. Lewis, lesquels se disposent dans une situation de moindre potentiel de leur action mutuelle. Or on peut dire approximativement que cette position correspond à l'équilibre entre la répulsion mutuelle électrostatique des charges des électrons, et leur

(¹) Séance du 15 février 1937.

attraction électromagnétique due à ce qu'ils possèdent des spins antiparallèles, permettant une combinaison antisymétrique de leurs fonctions propres.

Toutefois, pour les molécules polyatomiques, on ne peut pas décomposer rigoureusement, en général, l'ensemble des influences interatomiques en liaisons de valences pures; ce n'est vrai qu'en première approximation, mais en réalité, cet ensemble forme un bloc où tout est solidaire, et lorsqu'on a établi le schéma d'une structure suivant la notion usuelle de valence, il faut ensuite le corriger pour tenir compte d'un effet du second ordre, qu'on peut appeler la réaction mutuelle des liaisons. Suivant le raisonnement ondulatoire de Fermi, les groupes de fonctions propres déjà associées dans les liaisons se combinent à leur tour de manière à réaliser une structure encore plus stable, où sont soudés, non plus deux atomes, mais 3, 4 ou 6.

Cet effet de condensation des liaisons, avec diminution de potentiel, aboutit à des structures difficiles à représenter avec la symbolique usuelle, et qui sont exactement celles qui ont été invoquées, sous le nom de *mésomères*, pour expliquer les faits de tautomérie (2).

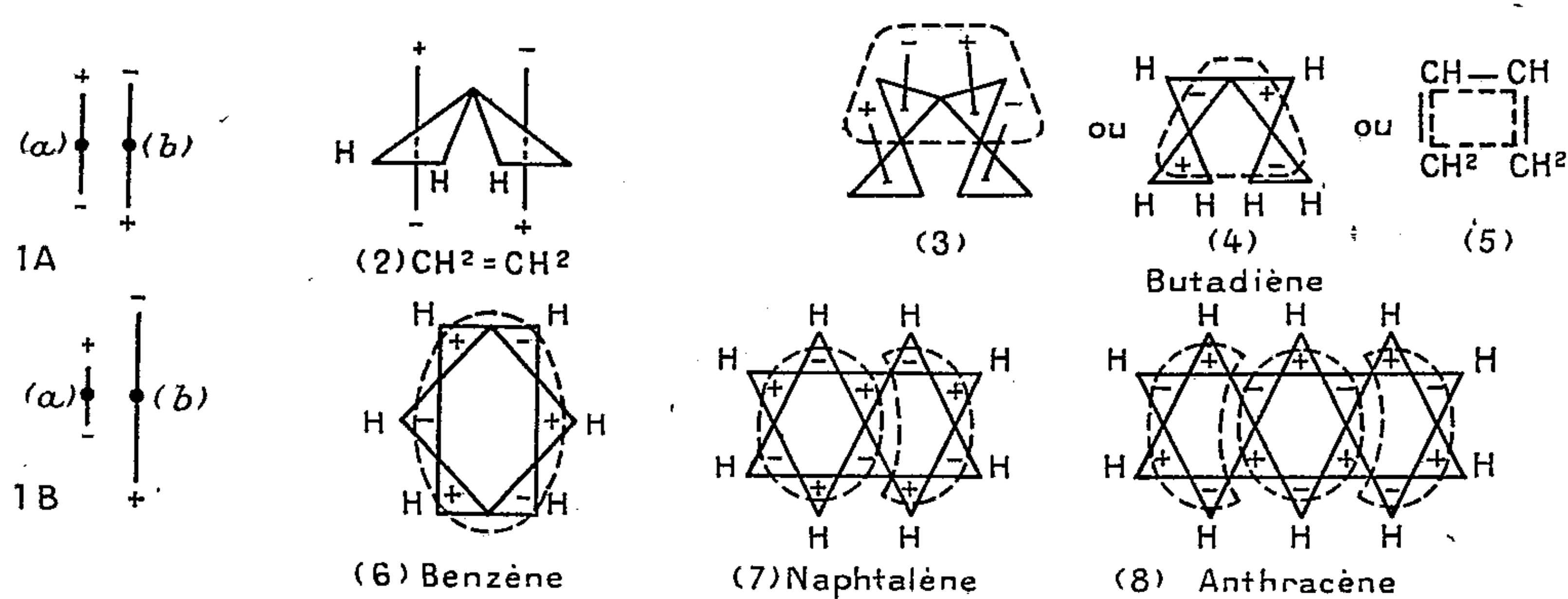
Les résultats remarquables obtenus en chimie organique au moyen de ces calculs (par Pauling notamment) nous ont incité à chercher un mode de représentation permettant aux chimistes l'usage facile de ces résultats généraux : pour cela, nous formulons les composés au moyen de schémas où les électrons sont doués de « moments de combinaison », grâce auxquels ils sont censés exercer entre eux des actions de couplage en direction, d'abord, puis d'attraction ou de répulsion mutuelle, suivant qu'ils sont parallèles ou antiparallèles, à la manière d'aimants ou de dipôles électriques. Mais la signification de ces moments est pour l'instant uniquement chimique, et leur interprétation physique est laissée de côté. Nous les figurerons par des vecteurs, dont les extrémités seront repérées par les signes + et —. Une liaison est donc représentée par les figures 1A (moments équivalents, saturation, liaison *mobile*, parce que indépendante des champs électromagnétiques voisins), ou 1B (moments inégaux, compensation incomplète, non-saturation, moment résiduel sur un des atomes, donc tendance à une structure *plane* et à la formation de blocs de liaison, structures *mésomères*). En outre la grandeur de ces moments doit être

(2) Cf. A. Cornillot, *Annales de Chimie*, 10e série, 7, 1927, p. 227; C. K. Ingold, *Chemical Review*, 15, 1934, p. 225.

censée variable, avec les conditions physiques d'une part, avec la nature de l'atome d'autre part, croissante d'un bout à l'autre d'une période de la classification : très faible pour les alcalins, très forte pour les halogènes. Cette grandeur du moment de combinaison d'un électron rend compte à la fois de la *capacité affinitaire* et de l'*électronégativité*.

Voici, très sommairement énumérées, quelques applications de cette représentation :

a. Les liaisons carbone-halogène laissent toujours un moment résiduel



Les courbes en traits interrompus désignent les structures mésomères.

sur l'halogène, qui tend à amorcer une liaison avec un autre atome (hydrogène, ou autre halogène, ou autre carbone). Ceci explique les propriétés d'hydrolyse des alcoylhalogènes, les migrations d'halogène, la règle de substitution sur le carbone déjà halogéné, les curieuses propriétés du chloroforme, etc.

b. Les liaisons simples carbone-oxygène présentent le même phénomène, moins accentué.

c. Les liaisons doubles constituent généralement des états où deux atomes sont réunis par une liaison simple, mais possèdent chacun un électron isolé, ce qui abaisse leur valence d'une unité (d'où la représentation *triangulaire* du carbone par Slater et Pauling). Affectant à cet électron un moment libre, ou couplé *parallèlement* avec celui du noyau, nous concevons qu'il exerce sur le voisinage l'effet *infectant* des doubles liaisons : ceci explique parfaitement leur conjugaison (formation d'un bloc mésomère) les réactions de diènes, la tautomérie cétoénolique, etc. (*fig*. 3, 4, 5, 6).

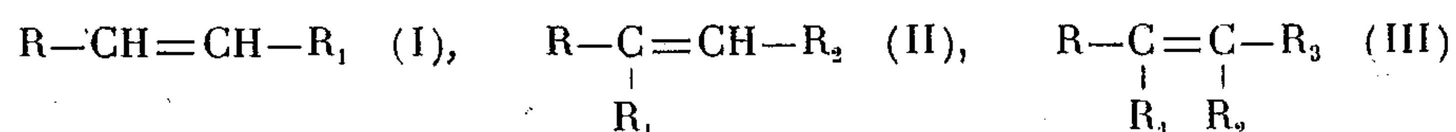
d. La réunion par 6, 10, ou 14 de ces carbones pourvus d'électrons isolés, dont les moments ont des sens alternés, donne pour les carbures

aromatiques des schémas où toutes les liaisons sont à la fois simples et non saturées, mais aussi, en réalité, condensées en blocs (*fig.* 7, 8, 9). Les radicaux substituants sont toujours couplés au maximum avec les carbones des cycles, et les règles usuelles de l'orientation des substitutions s'interprètent simplement avec cette convention.

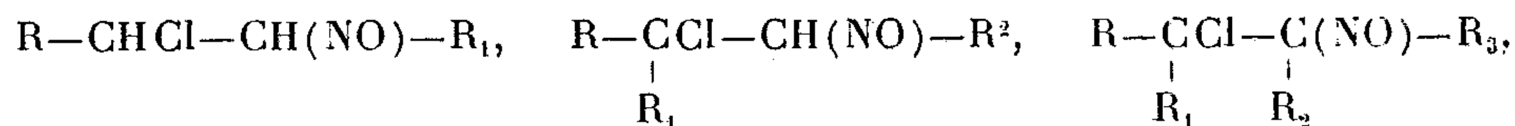
CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur la formation de nitrosochlorures à partir d'hydrocarbures éthyléniques de* C^6 *à* C^{11}. Note [1] de M. **Marcel Tuot**, présentée par M. Marcel Delépine.

La présente Note a pour objet l'étude de la fixation du *chlorure de nitrosyle* sur la double liaison éthylénique d'hydrocarbures aliphatiques. Cette fixation permettrait, en effet, l'isolement et l'identification des carbures non saturés dans leurs mélanges avec les autres carbures.

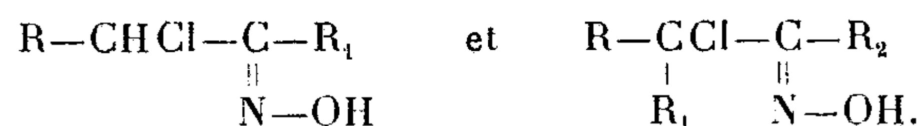
La réaction effectuée sur des hydrocarbures de formules générales



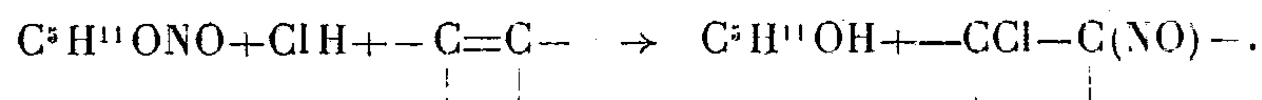
doit conduire théoriquement aux composés



ou, pour les deux premières formules, aux formes isomères par transposition de l'hydrogène disponible, c'est-à-dire aux oximes α-chlorées correspondantes



En premier lieu, nous avons opéré la fixation suivant la technique classique, au moyen du nitrite d'amyle et de l'acide chlorhydrique concentré, d'après l'équation



La réaction a été conduite de la manière suivante : l'hydrocarbure (1/10

[1] Séance du 22 février 1937.

de molécule) additionné d'un excès de nitrite d'amyle (3/20 de molécule) est placé dans un mélange réfrigérant à — 15°. Le mélange énergiquement brassé est alors additionné goutte à goutte et très lentement d'une solution d'acide chlorhydrique saturée à 0°. L'addition d'une faible quantité d'acide chlorhydrique dans la liqueur, primitivement jaune clair, produit une coloration brune par mise en liberté de chlorure de nitrosyle, lequel se fixant sur la double liaison conduit à une solution bleu verdâtre. On ajoute ainsi de l'acide chlorhydrique jusqu'à coloration brune persistante indiquant un excès de chlorure de nitrosyle, et de la quantité d'acide chlorhydrique employée, on déduit approximativement la proportion de chlorure de nitrosyle fixée sur la double liaison. Suivant la constitution de l'hydrocarbure en expérience, il peut précipiter un dérivé cristallisé, en quantité plus ou moins abondante; dans certains cas, la réaction se termine par une prise en masse, alors que dans d'autres essais un commencement de cristallisation demande plusieurs jours.

Bien que cette manière d'opérer soit rapide, elle a l'inconvénient de laisser, après essorage, un liquide souillé de produits organiques peu solubles (alcool amylique, nitrite d'amyle) et nous lui avons préféré le procédé suivant.

Le chlorure de nitrosyle est encore formé au sein même de l'hydrocarbure par action de l'anhydride azoteux sur le chlorure de thionyle suivant l'équation

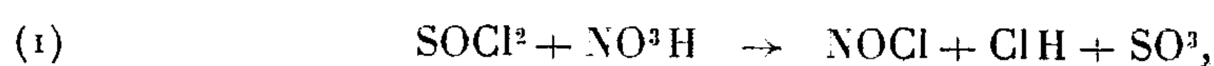


$$SOCl^2 + N^2O^3 \rightarrow 2NOCl + SO^2.$$

Dans un ballon à trois tubulures, refroidi par un mélange réfrigérant à — 5° et muni d'un tube plongeant, d'un agitateur et d'un réfrigérant, on place l'hydrocarbure auquel on ajoute un excès de chlorure de thionyle (1/15e de molécule par 1/10e de molécule d'hydrocarbure), puis on fait arriver bulle à bulle très lentement l'anhydride azoteux jusqu'à coloration brune en suivant la réaction comme précédemment. La pesée de la liqueur bleue débarrassée des cristaux par essorage et des produits minéraux par lavages, indique dans certains cas une fixation de chlorure de nitrosyle à peu près quantitative. Extraite à l'éther, elle laisse déposer à nouveau des cristaux après évaporation du solvant dans le vide. Enfin, un essai de réduction conduit à un produit soluble en milieu acide. La solution bleue aurait donc une composition voisine de celle des cristaux.

Dans le cas de carbures donnant facilement des combinaisons cristallisées on peut employer le mode de formation rapide suivant : l'hydrocar-

bure refroidi par de la glace est additionné de chlorure de thionyle, puis traité lentement par de l'acide nitrique au 1/3. La réaction s'exprime alors par l'équation



$$SOCl^2 + NO^3H \rightarrow NOCl + ClH + SO^3, \quad (1)$$

à laquelle se superpose la réaction d'hydrolyse



$$SOCl^2 + H^2O \rightarrow SO^2 + 2ClH. \quad (2)$$

La réaction (2) devenant prépondérante au bout d'un certain temps, elle limite le rendement à 30 pour 100 environ.

Des essais effectués il résulte que les hydrocarbures des formes (II) et (III) fixent aisément le chlorure de nitrosyle avec production facultative de dérivés solides, alors que ceux de la forme (I) réagissent difficilement. Quant à la cristallisation spontanée, elle peut être liée à la vitesse de transposition de l'hydrogène disponible, les oximes α-chlorées cristallisant alors plus facilement que les nitrosochlorures isomères. Des travaux en cours ont pour objet l'essai de dosage de la fonction oxime, et la réduction des deux formes (cristaux, solution), afin de lever l'indétermination posée par l'hypothèse précédente.

Hydrocarbures étudiés : méthyl-2-pentène-3; méthyl-3-pentène-2; heptène-3; méthyl-2-hexène-2; éthyl-3-pentène-2; octène-3; méthyl-2-heptène-2; diméthyl-2.4-hexène-4; diméthyl-2.5-hexène-2; nonène-2; diméthyl-2.5-heptène-4; triméthyl-2.3.5-hexène-2; triméthyl-2.4.7-octène-4.

Combinaisons cristallisées obtenues.

$C^6H^{12}NOCl$,	P. F. = 66°	(avec le méthyl-3-pentène-2);
$C^7H^{14}NOCl$,	P. F. = 67°	(avec le méthyl-2-hexène-2);
$C^7H^{14}NOCl$,	P. F. = 86°	(avec l'éthyl-3-pentène-2);
$C^8H^{16}NOCl$,	P. F. = 123°	(avec le diméthyl-2.5-hexène-2);
$C^9H^{18}NOCl$,	P. F. = 113°	(avec le diméthyl-2.5-heptène-4);
$C^9H^{18}NOCl$,	P. F. = 158°	(avec le triméthyl-2.3.5-hexène-2);
$C^{11}H^{22}NOCl$,	P. F. = 109°	(avec le triméthyl-2.4.7-octène-4).

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur les propriétés iodantes du complexe iodo-argento-benzoïque.* Note de MM. **Charles Prévost** et **Joseph Wiemann**, présentée par M. Robert Lespieau.

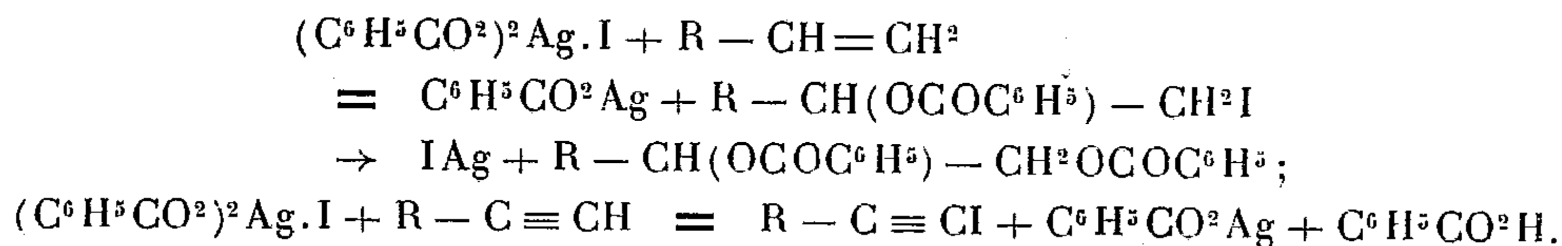
L'un de nous (1) a montré que l'iode agit sur le benzoate d'argent en suspension dans le benzène selon l'équation



$$2\,C^6H^5CO^2Ag + I^2 = IAg + (C^6H^5CO^2)^2Ag.I.$$

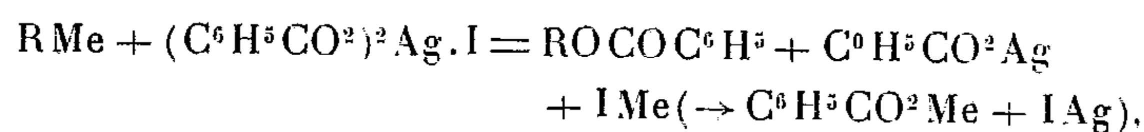
Le dernier des corps formés peut être extrait du mélange hétérogène obtenu, mais, comme il en est le seul constituant actif, une telle séparation est sans intérêt, et c'est sur ce mélange que sont étudiées les propriétés du complexe $(C^6H^5CO^2)^2Ag.I$.

Les plus importantes, parmi celles décrites jusqu'ici, sont l'addition sur la double liaison éthylénique, et l'iodation des acétyléniques vrais



$$\begin{aligned}&(C^6H^5CO^2)^2Ag.I + R - CH = CH^2\\ &= C^6H^5CO^2Ag + R - CH(OCOC^6H^5) - CH^2I\\ &\rightarrow IAg + R - CH(OCOC^6H^5) - CH^2OCOC^6H^5;\\ &(C^6H^5CO^2)^2Ag.I + R - C \equiv CH = R - C \equiv CI + C^6H^5CO^2Ag + C^6H^5CO^2H.\end{aligned}$$

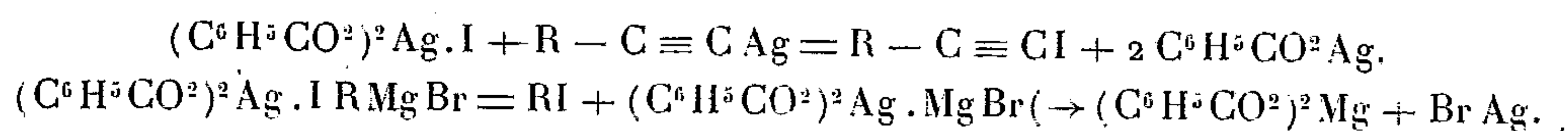
L'existence même du complexe, le sens de la fixation de $C^6H^5CO^2$, et de I, sur les doubles liaisons asymétriques, la substitution de I à H dans les acétyléniques vrais montrent que l'iode y joue un rôle nettement métallique. Aussi (Me étant un métal univalent), les doubles décompositions telles que



$$\begin{aligned}RMe + (C^6H^5CO^2)^2Ag.I = ROCOC^6H^5 + C^6H^5CO^2Ag\\ + IMe(\rightarrow C^6H^5CO^2Me + IAg),\end{aligned}$$

semblaient peu probables.

Nous avons vérifié que les dérivés métalliques les plus accessibles, argento-acétyléniques et organo-magnésiens, agissent d'une tout autre manière; on a en effet, avec d'excellents rendements, les réactions



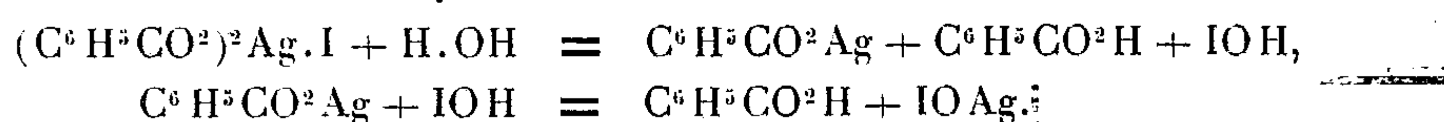
$$\begin{aligned}&(C^6H^5CO^2)^2Ag.I + R - C \equiv CAg = R - C \equiv CI + 2\,C^6H^5CO^2Ag.\\ &(C^6H^5CO^2)^2Ag.I\ RMgBr = RI + (C^6H^5CO^2)^2Ag.MgBr(\rightarrow (C^6H^5CO^2)^2Mg + BrAg.\end{aligned}$$

Ces réactions confirment le caractère nettement métallique de l'iode du complexe. Il semble en être encore de même de l'action des corps possédant

(1) Charles Prévost, *Comptes rendus*, **196**, 1933, p. 1129; **197**, 1933, p. 1661; **200**, 1935, p. 942.

des atomes d'hydrogène mobiles. Les alcools, les phénols, les amines non tertiaires, détruisent le complexe à froid; mais les résultats ne sont pas simples en général.

Dans l'action du phénol, il est possible de mettre en évidence la formation de traces de triiodophénol, et l'action de l'eau s'explique ainsi



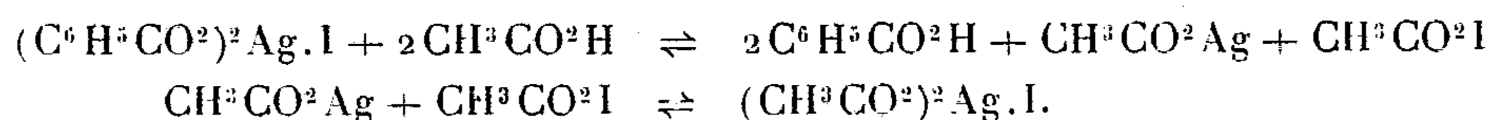
$$(C^6H^5CO^2)^2Ag.I + H.OH = C^6H^5CO^2Ag + C^6H^5CO^2H + IOH,$$
$$C^6H^5CO^2Ag + IOH = C^6H^5CO^2H + IOAg.$$

En effet, en opérant sur le complexe isolé, on obtient, après élimination de l'acide benzoïque, un corps jaunâtre qui est IOAg, ou $1/3(IO^3Ag + 2IAg)$.

Les acides organiques agissent nettement sur le complexe. Après addition d'un excès d'acide acétique, celui-ci conserve sa réactivité vis-à-vis d'un éthylénique $R - CH = CH^2$; mais les produits formés sont multiples. En plus de l'acide benzoïque, on peut caractériser parmi ceux-ci :

1° un éther biacétique, souillé d'un composé iodé qui est sans doute un éther mixte acétique et iodhydrique; 2° un éther mixte acétique et benzoïque, souillé lui aussi d'un éther benzoïque et iodhydrique; 3° un éther bibenzoïque exempt d'iode.

Il y a donc superposition des réactions du complexe iodo-argento-benzoïque, et de celles du complexe iodo-argento-acétique, et tout se passe comme s'il existait un équilibre entre ces complexes, et les acides acétique et benzoïque, équilibre qui s'interprète par les réactions intermédiaires



$$(C^6H^5CO^2)^2Ag.I + 2CH^3CO^2H \rightleftharpoons 2C^6H^5CO^2H + CH^3CO^2Ag + CH^3CO^2I$$
$$CH^3CO^2Ag + CH^3CO^2I \rightleftharpoons (CH^3CO^2)^2Ag.I.$$

Seuls donc, parmi les produits primaires de remplacement d'un H mobile, ou d'un métal par I, sont stables des dérivés de carbures tels que RI où $R - C \equiv CI$. Au contraire, les dérivées ROI provenant de l'iodation de molécules ROH ne peuvent se stabiliser que par transposition (c'est sans doute le cas pour le phénol), par salification (c'est peut-être le cas pour IOH formé dans l'action de l'eau), soit par formation de complexes de l'argent bivalent (cas de l'acide acétique).

CRISTALLOGRAPHIE. — *Structure cristalline de la laurionite.* Note de M. Stanislas Goldsztaub.

La laurionite, dont la formule est PbOHCl, cristallise dans le système orthorhombique. J'ai mesuré par la méthode du cristal tournant les paramètres cristallins absolus

$$a = 7,1, \qquad b = 9,7, \qquad c = 4,05 \text{ Å}.$$

La densité de la laurionite, déterminée par de Schulten [1] est 6,241. La maille élémentaire doit donc contenir 4 molécules PbOHCl.

La disparition systématique des taches sur les diagrammes de cristal tournant, obtenus avec la radiation K_α du cuivre, donne le groupe de symétrie V_h^{16} P nam.

La détermination de la structure présente dans le cas étudié des difficultés particulières : les atomes de plomb prennent une part prépondérante dans la diffraction des rayons X, masquant l'effet des autres atomes. L'absorption des rayons X par les composés de plomb étant particulièrement élevée, l'intensité des faisceaux diffractés dépend de la forme extérieure du cristal. La petitesse et la rareté des cristaux de la laurionite ne permettent pas de les tailler comme il le serait nécessaire. Aussi me suis-je servi des intensités des taches de diffraction uniquement pour fixer la position des atomes de plomb.

J'ai constaté le meilleur accord entre les résultats calculés et observés pour les valeurs suivantes des coordonnées

$$\text{(Pb)} \qquad x = 0,21, \qquad y = 0,1, \qquad z = \frac{1}{4}.$$

Les atomes de plomb une fois placés, il ne reste que peu de possibilités pour les emplacements des atomes de chlore, qui sont très volumineux. La position qui correspond le mieux à la condition que la distance des centres des atomes Pb et Cl soit voisine de la somme de leurs rayons, est la suivante :

$$\text{(Cl)} \qquad x = 0,63, \qquad y = 0,08, \qquad z = \frac{1}{4}.$$

L'arrangement des atomes Pb et Cl ainsi trouvé présente une très grande

(1) de Schulten, *Bull. Soc. Min.*, 20, 1897, p. 186.

analogie avec celui qu'ont donné Nieuwenkamp et Bijvoet (²) d'une part, Bannister (³) d'autre part, pour la matlockite PbFCl quadratique dont les paramètres $a = 4{,}09$ et $c = 7{,}2$ sont respectivement égaux aux paramètres $c = 4{,}05$ et $a = 7{,}1$ de la laurionite.

Les ions F^- et OH^-, de rayons sensiblement égaux, jouent souvent le même rôle dans les structures, il est donc très probable que dans la laurionite les ions OH occupent une position voisine de celle des ions F dans la matlockite, ce qui conduit à leur attribuer les coordonnées suivantes :

$$(OH) \qquad x = 0, \quad y = -0{,}155, \quad z = \frac{1}{4}.$$

La structure proposée rend compte du groupe de symétrie, des intensités des principales interférences; elle tient compte de l'identité de deux de ses paramètres avec ceux de la matlockite; elle peut être rapprochée de la structure de $PbCl^2$ qui est au point de vue chimique et cristallographique assez voisin de PbOHCl; elle respecte enfin les rayons atomiques des différents atomes.

PÉTROGRAPHIE SÉDIMENTAIRE. — *La constitution granulométrique des sédiments sableux et les grandes lignes de leur évolution dans les différents milieux géologiques.* Note (¹) de M. André Rivière, présentée par M. Lucien Cayeux.

L'étude granulométrique de nombreux échantillons de provenances diverses, par la technique exposée dans une Note précédente (²), a fourni des résultats d'ordre général que je présente ici schématiquement.

Sables fluviatiles. — Les sables fluviatiles provenant des parties hautes des vallées et n'ayant pas subi un transport prolongé présentent une répartition régulière de leurs grains, mise en évidence par une courbe de forme arrondie et sans maxima accentués (*fig.* 1).

Le début de l'action sélective du courant peut se traduire sur les graphiques par la suppression d'une partie de l'aire de la courbe : la figure 2

(²) Nieuwenkamp et Bijvoet, *Zts. Krist.*, 81, 1932, p. 469.
(³) Bannister, *Miner. Mag.*, 23, 1934, p. 587.

(¹) Séance du 22 février 1937.
(²) André Rivière, *Comptes rendus*, 204, 1937, p. 441.

révèle un entraînement différentiel des parties les plus fines du sédiment.

Dans les régions plus basses des vallées, la puissance du transport diminue, le maximum principal des courbes se déplace vers les *fins* et,

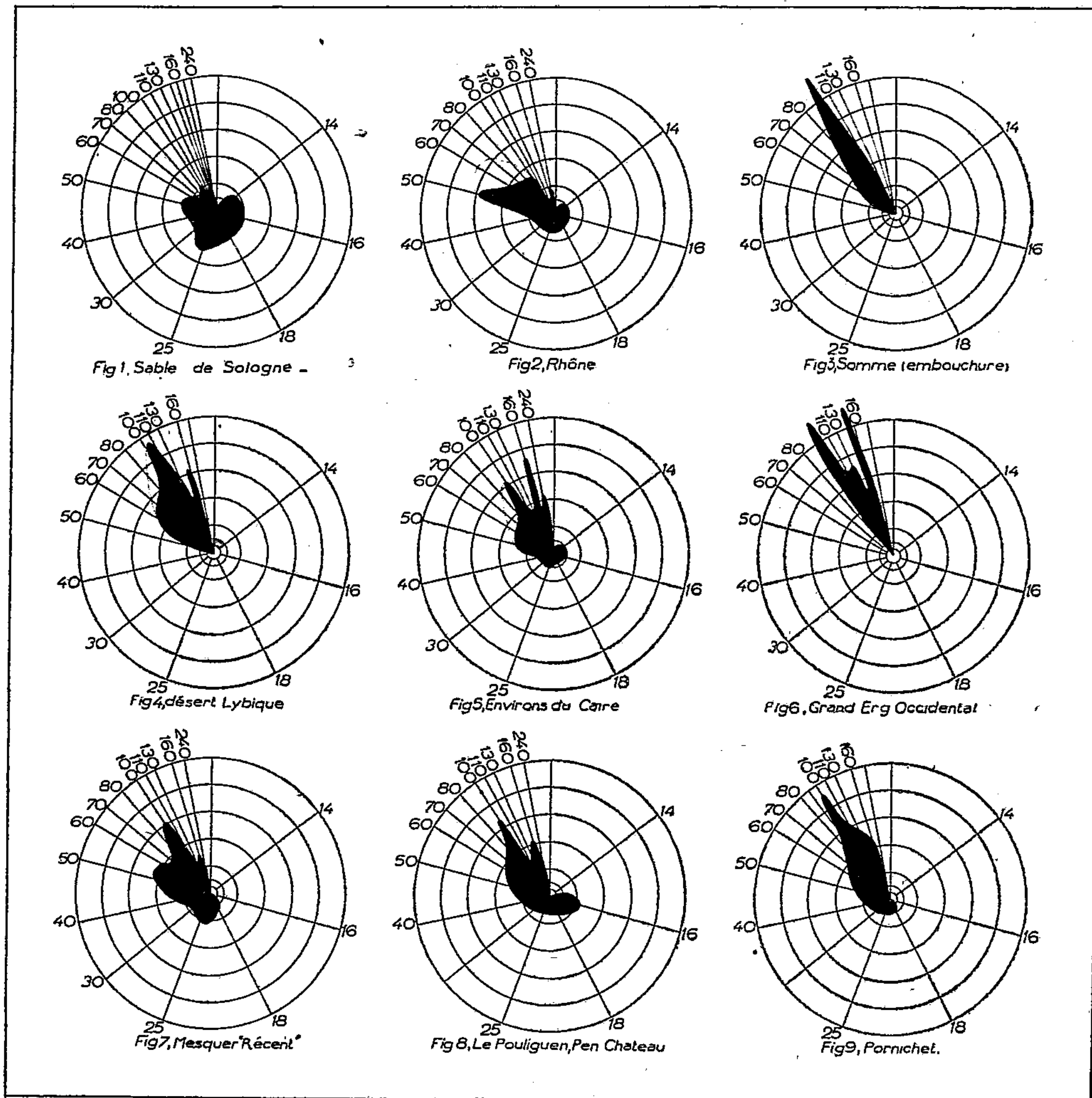


Fig 1. Sable de Sologne. — Fig 2, Rhône. — Fig 3, Somme (embouchure). — Fig 4, désert Lybique. — Fig 5, Environs du Caire. — Fig 6, Grand Erg Occidental. — Fig 7, Mesquer Récent. — Fig 8, Le Pouliguen, Pen Chateau. — Fig 9, Pornichet.

simultanément, les actions sélectives devenant prédominantes, les rayons vecteurs limites se rapprochent. La courbe tend à prendre une forme de croissant caractéristique (*fig.* 3) et le degré de perfection avec lequel cette forme est atteinte mesure le degré d'évolution du sédiment. On notera que le maximum marqué par la pointe du croissant correspond à une grosseur sensiblement constante (tamis 100 ou 110). C'est peut-être une dimension

limite au-dessous de laquelle la suspension dans les courants tend à persister presque indéfiniment.

Sables continentaux et désertiques. — Les sables étudiés (coll. Cayeux) proviennent tous des régions sahariennes (sensu lato). La plupart des graphiques sont caractérisés par la prédominance de deux maxima (*fig.* 4 et 5). Le premier est celui d'un ancien stock fluviatile qui constitue la majeure partie de ces sédiments et imprime à presque toutes les courbes une allure reconnaissable. L'apparition de concavités au voisinage du maximum semble s'interpréter par une *mobilisation* des parties les plus fines de l'ancien sédiment sous les influences éoliennes, mobilisation susceptible d'entraîner, suivant les circonstances locales, un enrichissement ou, au contraire, un appauvrissement en *fins*. Le second maximum correspond à des grains beaucoup plus petits (tamis 150 ou 160), se prêtant à un transport particulièrement actif par les vents, sans avoir tendance à rester indéfiniment en suspension comme les poussières.

La réalité de cette interprétation semble confirmée par la remarquable constitution de certains sables d'ergs, que l'on peut considérer comme des formations éoliennes pures, et dans lesquels rien ne persiste de l'ancien stock, que la partie fine, réellement mobilisable à distance sous l'influence des vents (tamis 100), et à laquelle s'ajoute le *très fin* du second maximum habituel (*fig.* 6).

Sables marins. — Les sables littoraux présentent une grande complexité en raison de la variété de leurs éléments (locaux ou transportés) ainsi que par la multiplicité des actions hydrodynamiques subies (vagues et courants), celles-ci pouvant agir suivant les temps et les lieux aussi bien par apport que par ablation. Il en résulte souvent des graphiques complexes et à plusieurs maxima (*fig.* 7 et 8), permettant parfois de reconnaître les composants et les actions subies (apports locaux, courants, ablation différentielle, etc.). Lorsque les actions sélectives deviennent prédominantes, les courbes se simplifient et tendent soit vers une forme en croissant rappelant les types fluviatiles (action des courants), soit vers des formes à un seul maximum accentué (*fig.* 9) mais ne présentant pas la dissymétrie des précédents. Les sédiments néritiques moins littoraux fournissent des courbes analogues mais révélant un triage plus poussé avec disparition presque complète des éléments arrêtés par les tamis 40 ou 50, tandis que la proportion des *très fins* (tamis 150 et 160) augmente notablement.

GÉOLOGIE. — *Sur la présence de roches éruptives acadiennes et post-acadiennes au sud du Djebel Ougnat (sud marocain).* Note de M. L. **Clariond** et Mlle **Yvonne Gubler**.

L'un de nous [1] a signalé, au sud-ouest du Tafilalet, l'existence de rhyolites géorgiennes reposant sur le vieux socle cristallin de l'ossature du Dj. Sagho et du Dj. Ougnat. Au-dessus de ces rhyolites débutent les premiers sédiments datés.

Des études géologiques plus précises dans le Primaire ont permis de situer des intrusions plus jeunes, particulièrement nombreuses entre l'Acadien et le Dinantien. Une coupe d'ensemble, à travers ces sédiments à peine plissés, montre à divers échelons de la série, des sills interstratifiés dans des grès ou des schistes. Ils procèdent dans l'ensemble d'un faciès basaltique (tantôt extrusions de laves et dépôts de matériaux incohérents, tantôt intrusions filoniennes).

Entre le Dj. Ougnat au Nord et le Dj. Signit au Sud on observe de bas en haut la succession suivante :

1° Massif rhyolitique de la base du Géorgien ;
2° Géorgien gréseux ;
3° Schistes à Paradoxides (base de l'Acadien) ;
4° Quartzites à Ellipsocephalus ;
5° Schistes verts à Calymènes de la base de l'Ordovicien.

(Les termes 4 et 5 étant répétés trois fois de part et d'autre de deux grands accidents longitudinaux).

Les manifestations éruptives post-géorgiennes débutent dans les schistes à Paradoxides et s'amplifient dans les termes supérieurs jusqu'à la base des schistes verts ordoviciens. Les roches éruptives interstratifiées dans l'Acadien schisteux sont particulièrement abondantes au Tizi Timentkal, malheureusement les échantillons sont si profondément altérés qu'ils ne permettent aucune détermination précise. On ne reconnaît de la roche primitive que sa forme microlitique pyrogène appartenant vraisemblablement aux basaltes. Au-dessus, dans les grès acadiens du Dj. Abd el Faroud et de Caïd Arami, viennent des dolérites à augite et des roches filoniennes apparentées aux minettes, localement très riches en apatite.

Dans les couches supérieures de l'Acadien (base du Djebel Signit) les

(1) L. Clariond, *Association pour l'étude géologique de la Méditerranée occidentale*, 5, n° 12, 1re Partie, 1935, p. 4.

venues éruptives se font de plus en plus serrées. Ce sont d'abord des tufs basaltiques plus ou moins scoriacés qui aboutissent, à la base des schistes ordoviciens, à un véritable complexe de matériaux incohérents qui prend localement l'aspect d'un conglomérat. Cette formation s'étend sur 2km dans le sens du méridien et atteint 4km de largeur.

C'est un amoncellement de tufs et de lapilli accompagnant des épanchements basaltiques dont les produits scoriacés devaient être limités au voisinage d'un volcan. Ces basaltes sont pour la plupart albitisés (spilite) et l'olivine y est transformée en iddingsite. La présence de matériaux incohérents (rhyolites, quartz filoniens, quartzites fins micacés précambriens) peut s'expliquer par des phénomènes explosifs ayant accompagné l'extrusion des laves.

Mais, alors que les sills reconnus plus bas, et interstratifiés à la base de l'Acadien, pouvaient se suivre loin alentour dans ces dépôts, nous assistons ici à un phénomène local qui ne saurait s'expliquer par la seule mise en place d'un sill ou d'un filon. La présence dans ces tufs d'éléments pyroclastiques oblige à envisager l'existence d'un appareil éruptif peu éloigné dont l'activité devait se manifester dans des conditions nettement définies.

L'étude de ces matériaux de projection montre en effet deux points essentiels. Tout d'abord les laves et les tufs qui les accompagnaient ont dû se répandre sur le fond de la mer, car nous avons pu constater que certains tufs se sont *sédimentés* sur un fond calcaire où vivaient alors des *Crinoides* et des *Orthis*.

En plus, et c'est là le trait le plus frappant de cette formation, elle renferme de véritables galets arrondis constitués de basalte, de scories, ou par des fragments de rhyolites arrachés à l'appareil du volcan; quant au ciment il est formé par une poussière de basalte ou par un dépôt calcaire clastique, sédiment meuble dans lequel se sont épanchés les basaltes.

On est ainsi amené à envisager l'existence au Dj. Signit d'un volcan sous-marin ou tout au moins d'un appareil situé sur le littoral immédiat et dont les produits auraient coulé ou auraient été projetés dans les sédiments détritiques en formation. M. A. Lacroix, qui a bien voulu examiner quelques-unes de nos préparations, estime qu'il est impossible de préciser davantage. Il reste acquis qu'il s'agit bien de tufs sous-marins *pro parte* remaniés. L'existence momentanée d'un volcan sous-marin aussitôt démantelé aurait l'avantage d'expliquer la formation de ces galets au voisinage de l'appareil volcanique, mais il est permis d'envisager également l'hypothèse de courants ayant entraîné à quelque distance de là des galets qui se seraient amoncelés localement. Cette manière de voir correspond en gros à ce que

M. Patte (²) a observé lors de l'apparition de l'Ile des Cendres sur la côte orientale du Sud de l'Annam. Ses observations ont montré que lors de la disparition du centre éruptif, des fragments de l'appareil, ou des produits pyroclastiques, ont été entraînés et recueillis jusqu'à plus de 20^{km}.

Des arguments géologiques démontrent en outre qu'on ne saurait retenir l'hypothèse d'un conglomérat de transgression. En aucun point, en Afrique du Nord, l'Ordovicien n'est transgressif sur les rhyolites ou sur le Précambrien comme on pourrait le penser d'après la nature du « conglomérat » du Djebel Signit; par ailleurs, la série paléozoïque sédimentaire post-géorgienne se reproduit identique à elle-même du Tafilalet à l'Atlantique.

L'activité volcanique s'est maintenue de l'Ordovicien au Dinantien. On en connaît dans le Dévonien inférieur de l'Hamar Laghdad, dans le Dévonien moyen du Dj. Amelal et dans le Carbonifère des régions de Taouz et du Maider. Les manifestations éruptives semblent y être liées à la mise en place des masses de roches grenues que nous rattachons à des norites.

L'étude des matériaux n'est pas encore suffisamment avancée pour en dégager les caractères de parenté. Il semble pourtant que les dolérites et les norites du Maider et de Taouz proviennent de la différenciation d'un même magma.

MÉTÉOROLOGIE. — *Relation entre les variations de l'intensité du rayonnement solaire ultraviolet, mesurée au niveau du sol, et la pollution de la basse atmosphère.* Note (¹) de M. **Lévi Herman** et Mlle **Fanny Bernstein**, présentée par M. Charles Fabry.

Le rapport des intensités de deux bandes spectrales, situées vers 3200 et 5000 Å et isolées dans le rayonnement solaire à l'aide de filtres appropriés, présente des oscillations qui ont été attribuées par Pettit (²) à des variations de l'émission solaire. Ces oscillations sont évidemment influencées par l'ozone atmosphérique, dont l'absorption modifie plus ou moins l'intensité de la bande ultraviolette; elles ont été d'ailleurs attribuées également aux variations de la transmission sélective de l'atmosphère (³).

(²) *Comptes rendus*, 177, 1923, p. 335.

(¹) Séance du 15 février 1937.

(²) E. Pettit, *Astrophysical Journal*, 75, 1932, p. 785.

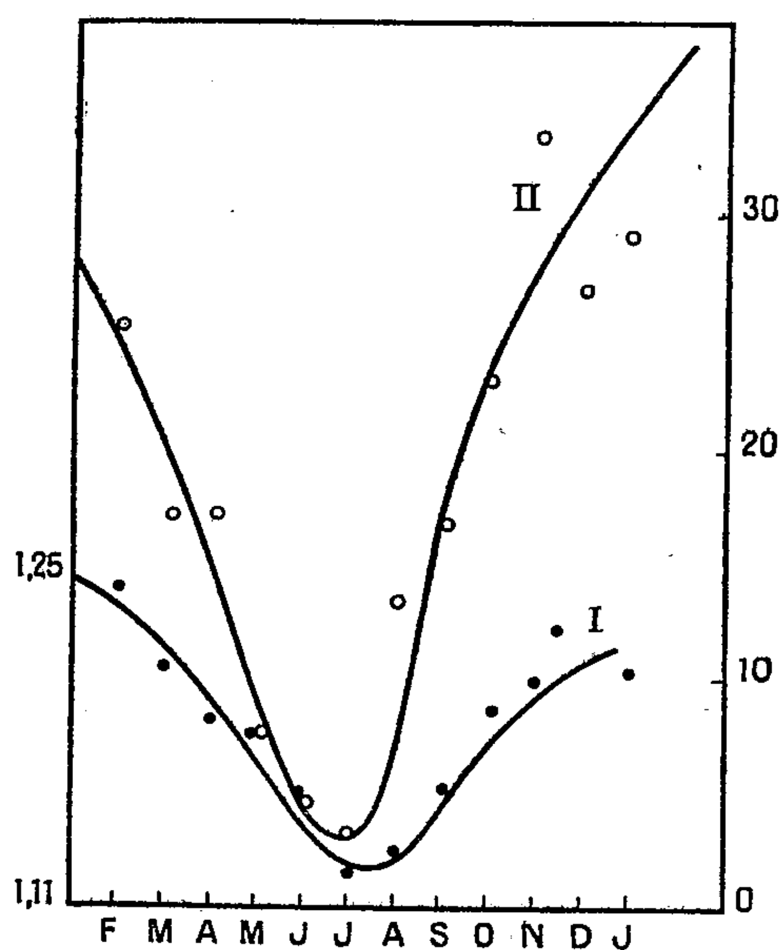
(³) C. E. Davis et I. L. Mac Carthy, *Monthly Weather Review*, 60, 1932, p. 237; W. E. Bernheimer, *IVe Rapport de la Commission relative aux Relations entre les phénomènes solaires et terrestres*, Firenze, 1936, p. 71.

Afin d'examiner à cet égard le rôle de la pollution de l'atmosphère inférieure, nous avons utilisé les données recueillies en un poste d'observation installé à l'Institut de Physique générale de l'Université de Lyon, au voisinage du centre de la ville. La quantité de poussières contenue dans l'air, au voisinage du sol, était mesurée à l'aide de l'appareil à filtration du M. Owens ([1]). L'intensité du rayonnement diffusé par le ciel, au Nord et à 45° du zénith, était mesurée au moyen d'un dispositif comportant deux cellules photoélectriques à couche d'arrêt. Ces cellules, convenablement diaphragmées et protégées, se trouvaient connectées alternativement, grâce à un dispositif automatique approprié, avec un milliampèremètre enregistreur du type *bicourbe* permettant de mesurer, toutes les 30 secondes, les intensités des deux courants produits. L'une des cellules (à oxyde de cuivre, modèle *Photox Westinghouse*), dont la courbe de sensibilité spectrale est voisine de celle de l'œil, débitait un courant sensiblement proportionnel au flux lumineux visible. La seconde cellule (au sélénium, modèle *Photronic Weston*) était recouverte d'un filtre absorbant pratiquement tout le rayonnement visible (verre Corning n° 986, épaisseur : 5^{mm}) et ne laissant passer que le proche ultraviolet au voisinage de 3600 Å, région dans laquelle l'absorption par l'ozone ne joue aucun rôle. Le rayonnement infrarouge tombant sur les cellules ne donnait naissance qu'à un courant négligeable. Les comparaisons ont porté d'une part sur les moyennes mensuelles du rapport : intensité visible/intensité ultraviolette, calculé pour chaque heure de la journée et, d'autre part, sur les moyennes des quantités correspondantes de poussières, exprimées en milligrammes par mètre cube.

Résultats. — 1° *Variations journalières.* — Les courbes moyennes journalières établies pour chaque mois (1935-1936), montrent que les variations du rapport visible/ultraviolet suivent une marche très différente de celle de la pollution de la basse atmosphère. Par exemple, les courbes de mai 1936 indiquent, entre 9^h et 17^h, 1° un accroissement lent et assez régulier du rapport visible/ultraviolet, 2° une diminution rapide des poussières, de 9 à 13^h, suivie d'un minimum très aplati s'étendant de 13 à 17^h. La forte pollution mesurée au début de la matinée résulte très vraisemblablement de la stagnation des poussières au niveau du sol. Dans le milieu de la journée, des courants ascendants transportent les poussières dans les couches élevées. On s'explique ainsi les variations en sens inverse indiquées par les courbes des deux appareils enregistreurs.

([1]) R. Herman-Montagne et L. Herman, *Comptes rendus*, 202, 1936, p. 501.

2° *Variations annuelles.* — La relation observée d'après les moyennes mensuelles (courbes journalières considérées précédemment) doit se retrouver dans les variations annuelles. La courbe I du diagramme ci-contre représente la variation annuelle de l'ultraviolet solaire, au voisinage de 3200 Å ([2]). La courbe II a été construite à partir des indications de



I, variation de l'ultraviolet solaire, période annuelle; II, variations des poussières au ras du sol, période annuelle.

l'appareil Owens; les valeurs correspondant à chaque mois ont été obtenues en évaluant l'aire des courbes moyennes journalières, relatives aux poussières et fumées au niveau du sol. La comparaison des deux courbes montre clairement que la loi de variation annuelle est à peu près la même dans les deux cas.

Il semble donc résulter de ce qui précède que les variations d'intensité du rayonnement solaire ultraviolet doivent être attribuées en grande partie, en dehors de la région extrême où l'absorption de l'ozone prédomine, aux poussières et fumées qui s'accumulent surtout pendant les mois d'été, dans les couches élevées de l'atmosphère. Ces poussières peuvent d'ailleurs être transportées à grande distance des villes industrielles et, même en des stations isolées, elles peuvent, surtout pour de grandes distances zénithales, jouer un rôle très important dans l'affaiblissement du rayonnement ultraviolet.

BOTANIQUE. — *Les cellules à tanin dans la moelle de sureau* (Sambucus nigra). Note de M. Josef Szuleta, présentée par M. Marin Molliard.

Dans son dernier travail (1935) E. Küster, en parlant de cellules tanni-

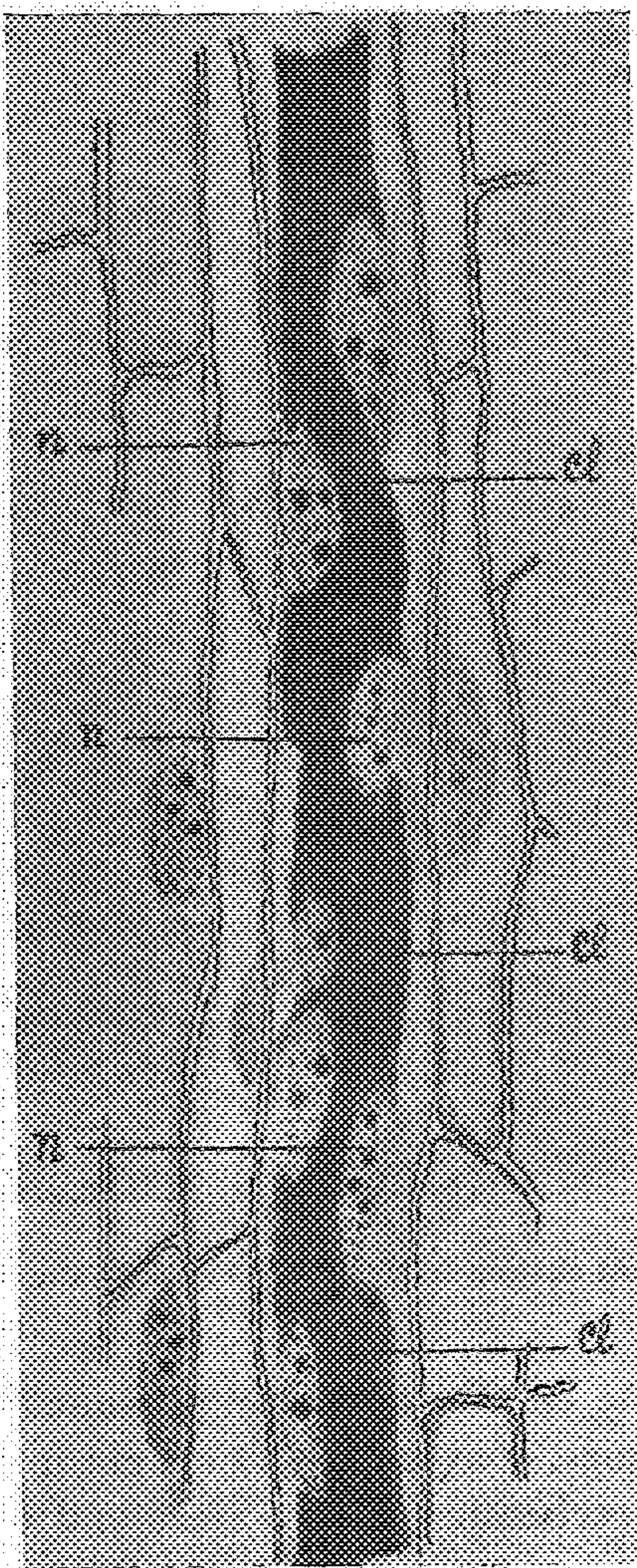


Fig. 1. — Grossissement environ 750 fois.

fères de la moelle de *Sambucus*, a émis la supposition que ces cellules sont polynucléaires.

De notre côté, en nous occupant de l'évolution des mêmes cellules, de la formation des tanins et du comportement du protoplasme et des noyaux, nous avons pu constater que la supposition de Küster est en général juste et qu'en effet les cellules sont polynucléaires (*fig.* 1, *n*).

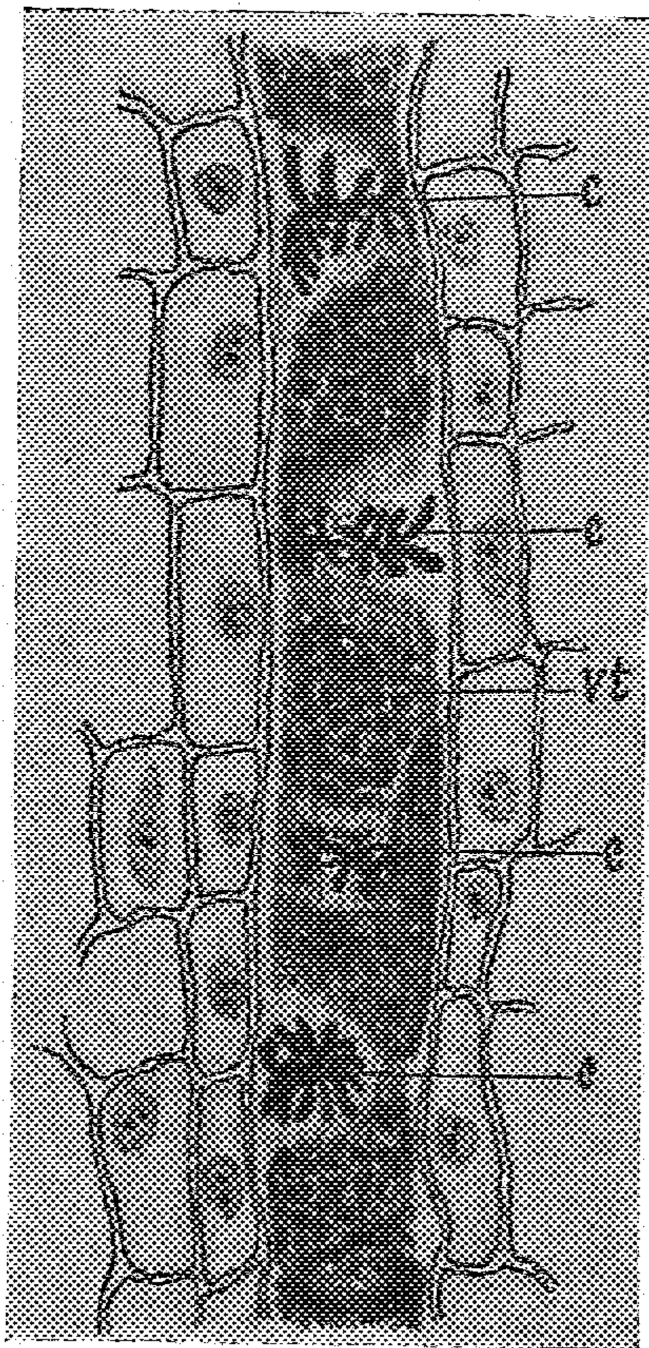


Fig. 2. — Grossissement environ 500 fois.

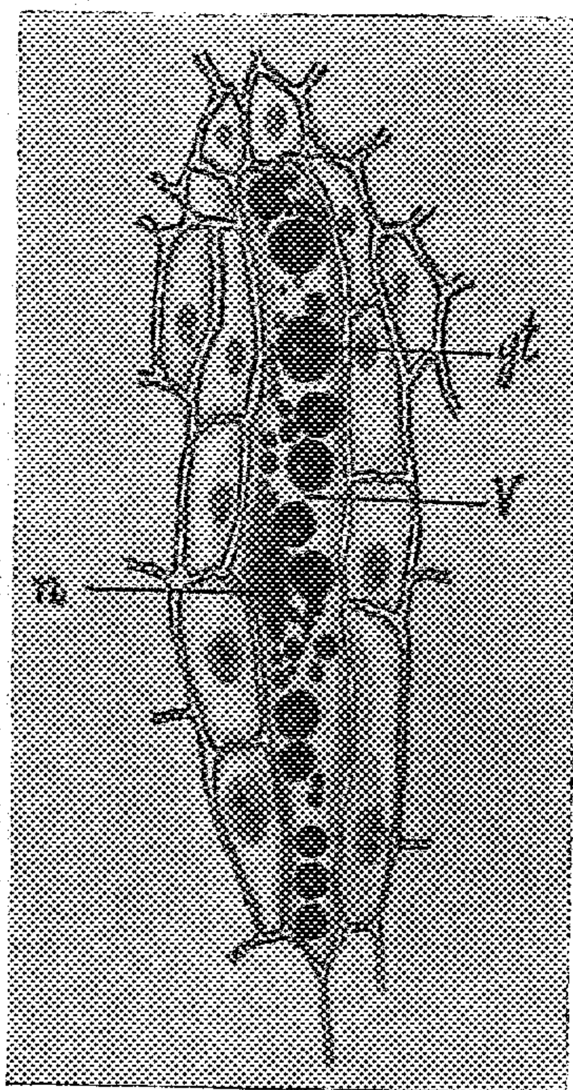


Fig. 3. — Grossissement environ 360 fois.

Nous avons constaté en plus que cette polynucléarité est le résultat de divisions caryocinétiques, consécutives et synchrones (*fig.* 2, *c*).

D'accord avec les recherches de Guilliermond et de P. Dangeard les tanins naissent chez Sambucus dans les vacuoles de très jeunes cellules tannifères sous forme de petits globules colloïdaux, doués de mouvements browniens. Ces globules se fusionnent plus tard en formant un coagulum.

Dans les cellules un peu plus vieilles la quantité des tanins est beaucoup plus grande. De pareilles cellules, fixées et colorées d'après la méthode de

Regaud renferment, dans leurs vacuoles (*fig.* 3, *v.*), de nombreux précipités sous forme de granules et de globules d'un brun jaunâtre (*fig.* 3, *gt.*); à côté de ces vacuoles repose un noyau allongé, muni habituellement de plusieurs nucléoles (*fig.* 3, *n.*).

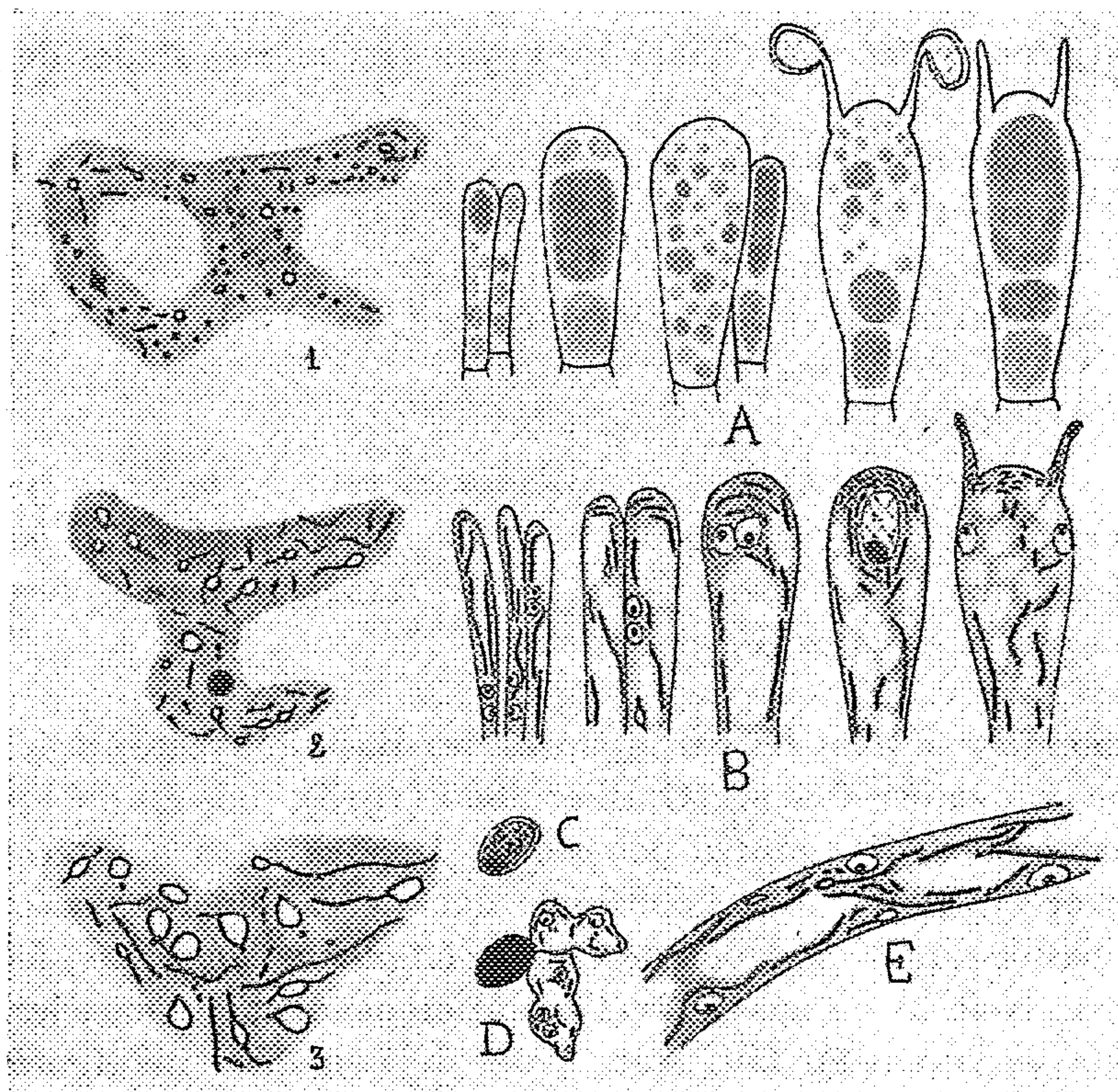
Dans les cellules fortement allongées, dans lesquelles les divisions se font, comme nous venons de dire plus haut, d'une façon synchrone, les vacuoles, bourrées de précipitations (*fig.* 2, *vt.*), partagent la cytoplasme en territoires, renfermant chacun un noyau aux mêmes stades de division (*fig.* 2, *c.*).

Dans les canaux, d'une période encore plus avancée, les vacuoles apparaissent souvent sous forme de cylindres (*fig.* 1, *cl.*) serrés et tordus, remplis de tanins, dans les plis desquels reposent les noyaux allongés, manifestant des marques de dégénérescence (*fig.* 1, *n.*).

CYTOLOGIE VÉGÉTALE. — *L'évolution du chondriome et du système vacuolaire dans les carpophores et en particulier dans les basides d'*Agaricus campestris. Note de M. André Sarazin, présentée par M. Alexandre Guilliermond.

Le chondriome dans les carpophores des Basidiomycètes a été mis en évidence la première fois par Guilliermond (1913), puis étudié en passant par Beauverie dans *Agaricus campestris*. Il nous a paru intéressant de rechercher l'évolution du chondriome dans le carpophore, spécialement dans la baside du Champignon de Couche (*Agaricus campestris*) facilement cultivable. Nous avons aussi suivi l'évolution des vacuoles dans les basides, ce qui n'avait jamais été fait. Nous avons déjà signalé dans *Agaricus campestris* l'existence d'une zone de croissance au niveau des lamelles hyméniales entre le chapeau et le pied. En suivant le développement des filaments de cette zone vers le bas du pied ou l'extérieur du chapeau, on constate une évolution particulière du chondriome. Dans la région de croissance, celui-ci se présente exclusivement sous forme de mitochondries granuleuses, de courts bâtonnets et de rares petites vésicules (*fig.* 1). Plus bas, ces éléments s'allongent tous en chondriocontes portant souvent en un point quelconque une ou plusieurs vésicules (*fig.* 2). A la base du pied, les chondriocontes sont très allongés, flexueux, parfois ramifiés, les vésicules énormes (*fig.* 3). Il en est de même vers les parties périphériques du chapeau. A tous les stades du développement du carpophore, l'évolution du chondriome pré-

sente les mêmes phénomènes, sauf dans les carpophores arrivés à maturité où, la zone de croissance ayant cessé toute activité, le chondriome a partout l'aspect de la figure 3. Dans la région hyméniale (l'hymenium étant encore indifférencié), on ne trouve que de longs chondriocontes, quelques mitochondries et de rares vésicules. Dans la baside en voie de différenciation, les chondriocontes s'allongent; les vésicules disparaissent presque com-



plètement; puis, les chondriocontes se fragmentent en bâtonnets ou en mitochondries pour se rassembler à la partie supérieure de la baside (*fig.* B); une grande partie de ces éléments émigre dans les basidiospores pour y demeurer dans cet état (*fig.* C). Dans les jeunes filaments issus de la germination des basidiospores, le chondriome reste à l'état de grains et de courts bâtonnets (*fig.* D), mais dans un mycélium plus âgé, il ne renferme plus que de longs chondriocontes et très peu de vésicules (*fig.* E).

Une particularité très intéressante de l'évolution de ce chondriome est donc sa production à certains stades de très nombreuses vésicules semblables à celles déterminées dans les chondriocontes (amyloplastes) des

épidermes et des racines des Phanérogames par la présence de grains d'amidon. Ces vésicules déjà signalées par Guilliermond, puis Beauverie ne semblent pas provenir d'une altération des chondriosomes : elles se retrouvent avec tous les fixateurs mitochondriaux et seulement à des stades déterminés. Elles paraîtraient résulter d'une activité élaboratrice particulière des chondriosomes dont il nous est impossible de préciser la nature. Elles n'ont pas de relation avec le glycogène qui prend naissance directement dans le cytoplasme sans l'intermédiaire du chondriome comme l'ont montré Guilliermond pour les Champignons, R. Noël et Parat pour les cellules animales.

L'évolution des vacuoles (*fig.* A) a été suivie dans les basides par des colorations vitales au rouge neutre. Au début, ces basides indifférenciées possèdent de nombreuses vacuoles arrondies riches en métachromatine. Plus tard, on n'y distingue plus que deux ou trois grosses vacuoles. Dans les basides plus âgées, on constate une fragmentation de ces vacuoles en de nombreuses et petites inclusions. Il est facile en observant des coupes fixées de s'assurer que cette transformation correspond au moment de la caryogamie et se prolonge durant les deux mitoses successives jusqu'à la formation des basidiospores. Les basidiospores en voie de croissance montrent de minuscules vacuoles. Il est difficile de savoir si elles proviennent d'une émigration des petites vacuoles de la baside ou d'une néoformation; l'absence de toute vacuole dans les stérigmates nous ferait plutôt incliner vers la seconde hypothèse. Dès l'épaississement de leur membrane, les basidiospores se détachent et dans la baside ayant cessé toute activité, les petites vacuoles se fusionnent en grosses vacuoles, puis les basides meurent. Pendant cette évolution les paraphyses augmentent de taille tout en conservant deux ou trois grosses vacuoles.

CRYPTOGAMIE. — *Étude de quelques gonidies lichéniques isolées en culture pure*. Note de Mme **Jeanne Werner** et M. **Roger-Guy Werner**, présentée par M. Alexandre Guilliermond.

Il pouvait paraître intéressant de tenter, au Maroc, l'étude des algues inférieures, en particulier de celles entrant dans la constitution des Lichens, en s'inspirant des méthodes de l'école de Genève. Des cultures pures ont été réalisées dans ce sens. Elles ont, initialement, porté sur le *Cystococcus* du

Xanthoria parietina (L.) Beltr., déjà étudié en Europe par Letellier (¹), Warén (²), Werner (³), sur le *Cystococcus* du *Lecanora allophana* (Ach.) Röhl. et sur l'algue hyméniale de l'*Endocarpon pallidum* (Fr.) Ach., non encore extraites, jusqu'alors, de ces Lichens. Les milieux, sur lesquels ces algues ont été cultivées, sont les mêmes qu'en Europe : le Knop + 2 pour 100 glucose, le Knop dilué au 1/3 + 2 pour 100 glucose, tous deux additionnés soit d'asparagine, soit de peptone, soit de nitrate d'ammonium comme sources d'azote, enfin le Malt glucosé.

1. La gonidie issue du *Xanthoria parietina* récolté à Chella, près de Rabat est un *Cystococcus* formant des colonies à marges non aplanies, surélevées, foliacées, squameuses et granuleuses, d'apect humide; la teinte varie généralement du vert foncé au vert clair : sur Knop 1/3 vert foncé, sur même milieu additionné d'Asparagine vert clair. Les cellules ont, en moyenne, de 12-20$^{\mu}$. Elles forment fréquemment des macro- et des micro-sporanges, et, sur milieu Knop additionné d'Asparagine, des zoospores, lorsqu'elles ont été conservées dans le frigidaire.

Les colonies cultivées par l'un de nous (³) en France ont les bords aplatis contre le substratum, sur lequel elles rampent, le centre déborde et récouvre les bords, leur apparence est sèche. Les cellules ont la même taille. Les différences d'aspect des colonies sont bien d'accord avec la théorie suisse (O. Jaag) de la spécificité des gonidies selon les localités (⁴) et nous incitent à considérer le *Cystococcus* marocain du *Xanthoria parietina* comme une sous-espèce nouvelle.

2. La gonidie du *Lecanora allophana* récolté à Chella près Rabat est un *Cystococcus* formant des colonies sans marge; leur surface est plate ou légèrement bosselée, leur aspect humide, un peu granuleux, leur couleur varie, suivant les milieux : sur Knop (dilué et non dilué) vert foncé franc, sur nitrate d'ammonium et sur peptone vert jaune foncé, sur Knop additionné d'asparagine vert noirâtre, sur milieu maltosé vert jaune clair. L'algue examinée au microscope est en division active, forme des macro et des micro-sporanges, et, sur le milieu renfermant de l'asparagine, des zoospores après séjour dans le frigidaire.

(¹) A. Letellier, *Étude de quelques gonidies de Lichens* (*Thèse*, n° 613, Genève 1917, 45 p., 1 pl., fig. texte).

(²) H. Warén, *Finsk. Vetensk. Soc.*, 1918-1919. 61, H. 2, Afd. A, n° 14, 79 p. 9 pl.

(³) R. G. Werner, *Recherches biologiques et expérimentales sur les Ascomycètes de Lichens* (*Thèse* Paris, 1927, Mulhouse, 80 p., 8 pl., fig. texte).

(⁴) O. Jaag, *Recherches expérimentales sur les gonidies des Lichens appartenant aux genres* Parmelia *et* Cladonia (*Thèse* n° 804, Genève, 1929, 128 p., 6 pl., fig. texte).

Les cultures gonidiales de Warén (²) sur le *Lecanora subfusca* Ach., dont l'*allophana* est souvent considéré comme une variété par les systématiciens, diffèrent des nôtres par une marge lisse, aplatie et un centre élevé.

3. En cultivant le champignon de l'*Endocarpon pallidum* récolté à Rabat (station malheureusement disparue) à partir des spores nous avons, en même temps, obtenu la projection de son algue hyméniale. Isolée en culture pure elle constitue des colonies étalées, visqueuses, luisantes, leurs teintes varient suivant les milieux : sur Malt, vert jaune, sur Knop (dilué et non dilué), couleur pomme verte, sur Knop additionné d'Asparagine, vert foncé avec plages vert noirâtres, sur Knop additionné de peptone vert jaune, sur Knop additionné de nitrate d'ammonium, vert foncé noirâtre d'aspect cérébriforme, sur gélatine vert jaune sale à marge vert foncé. La gélatine n'est pas liquéfiée. Au microscope on voit les cellules se divisant activement en deux ; elles rentrent, donc, dans le genre *Hyalococcus* de Warén (²) ou *Pleurococcus* suivant Chodat (⁵) et constituent une espèce nouvelle : *Pleurococcus hymenialis* J. Werner.

Ces algues ont été cultivées sans l'aide du micromanipulateur qui nous faisait défaut. Depuis lors, nous avons pu isoler avec cet appareil, mis à notre disposition par l'Institut Scientifique Chérifien, des gonidies de *Diploschistes scruposus* Norm., *Psora testacea* (Ach.) Hffm., *Toninia cinereovirens* (Th. Fr.) Mass., *Acarospora hilaris* (Duf.) Hue, *Ochrolechia parella* (L.) Mass., *Parmelia tinctina* Mah. et Gil., *Ramalina subgeniculata* Nyl., *Ramalina Usnea* (L.) Howe, *Caloplaca carphinea* (Fr.) Jatta. Chacune de ces gonidies, selon qu'elle provienne d'un Lichen des régions tempérées, méditerranéenne ou tropicale, se comporte différemment en culture pure; elles donneront, ultérieurement, matière à un travail d'ensemble.

ENTOMOLOGIE. — *De l'action externe des arsenicaux sur les insectes.* Note (¹) de M. **Pierre Lepesme**, présentée par M. Paul Marchal.

L'emploi des arsenicaux dans la lutte contre les ennemis des cultures repose exclusivement, de nos jours, sur l'action de ces sels par ingestion.

(⁵) R. Chodat, *Comptes rendus*, 191, 1930, p. 469-471.

(¹) Séance du 22 février 1937.

Pourtant, depuis quelques années, un certain nombre d'auteurs ont signalé que les dérivés de l'arsenic étaient également susceptibles de tuer les insectes par simple contact.

Dès 1923 (²) Mally, en Afrique du sud, affirmait qu'il suffisait de saupoudrer des sauterelles avec de l'arsénite de soude pulvérisé pour amener leur mort en quelques heures. Des expériences de laboratoire et de plein champ furent effectuées au cours des années suivantes en Russie, pour étudier cette action externe de l'arsenic (³). Enfin les récents essais de poudrage par avion contre des bandes d'Acridiens en plein vol, en Rhodésie, ont donné des résultats fort encourageants (⁴).

Nos recherches sur le Criquet pélerin (*Schistocerca gregaria* Forsk.) nous ont confirmé le pouvoir toxique de contact de certains sels d'arsenic, tout particulièrement de l'arsénite de soude. Deux facteurs jouent un rôle essentiel : le degré de finesse de la poudre employée et l'état hygrométrique de l'atmosphère; une forte humidité accélère considérablement la vitesse d'action du poison, même pour les sels très peu solubles.

Avec l'arsénite de soude, la mort survient en 24 heures avec 20° hygrométriques; en moins de 12 heures avec 60°; en quelques heures avec 100°. Un Criquet, dont l'abdomen est plongé dans une solution à 1 pour 100, meurt en 10 à 15 minutes. Ce sel présente malheureusement une tendance à s'agglomérer, rendant les poudrages difficiles. Avec l'arsénite disodique et le Vert de Paris, la mort survient en 2 à 4 jours en atmosphère sèche, en 36 heures en atmosphère humide. L'arsénite de cuivre, les arséniates de fer, de magnésium, de calcium et de cobalt, l'anhydride arsénieux et les fluosilicates de sodium et de baryum sont nettement moins toxiques.

Nous avons cherché à préciser le mécanisme de cette action externe. A l'exception de O'Kane et Glover (⁵) tous les auteurs qui ont étudié la question ont conclu que les arsenicaux n'étaient pas susceptibles de traverser le tégument chitinisé des insectes. King et Ruttledge (⁶) pensent que l'arsenic agit par les voies respiratoires, ce qui n'est pas impossible, car nous avons trouvé des particules de poison dans les trachées de *Schistocerca* poudrés pendant le vol, mais ces particules furent toujours localisées dans

(²) MALLY, *Journal of Department of Agriculture*, Pretoria, mars 1923.

(³) GRANOWSKY, *Journ. of Econ. Ent.*, 5, octobre 1926, p. 791-795; SVIRIDENKO, *Izv. Severo Kavkaz, Kraev. Sta, Zashch, Rast.*, n° 1, 1926, p. 81-99; ZAKHAROV, *Bull. N. Caucas. Pl. Prot. Sta.*, n° 3, 1927, p. 197-203; PARFENTIEV, *Défense des Plantes*, n° 2, V, p. 161-168, Leningrad, juillet 1928.

(⁴) H. H. KING, *Proccedings Third Intern. Locust Conf.*, Londres, 1934.

(⁵) O'KANE et GLOVER, *Techn. Bull. N. H. Agric. Exp. Sta.*, n° 63, 1935.

(⁶) KING et RUTTLEDGE, *Bull. Ent. Res.*, 23, mars 1932, p. 65.

les gros troncs trachéens, au voisinage des stigmates. Comme, d'autre part, nous n'en avons jamais trouvé à la suite de poudrage de Criquets au repos, et que la mort survint aussi rapidement dans ce dernier cas, il est certain que les arsenicaux peuvent pénétrer par une autre voie. Le fait qu'il suffit de poudrer l'extrémité des antennes de Criquets avec un sel d'arsenic (en employant un dispositif qui élimine tout risque d'ingestion du poison) pour amener leur mort en 4 à 5 jours, nous conduisit à penser que l'arsenic agissait sur les terminaisons nerveuses sensorielles, mais nous n'avons jamais observé de lésions des cellules nerveuses comme on peut le faire en employant les Pyréthrines.

De toute façon, comme O'Kane et Glover pour la Blatte américaine, nous avons pu mettre en évidence la pénétration directe des arsenicaux à travers la chitine en confinant ces sels dans une petite cellule de cire fixée contre le tégument en différents endroits du corps des *Schistocerca :* si la mort survient très lentement lorsque le sel est en contact avec le metanotum ou toute autre partie fortement chitinisée (10 à 11 jours en atmosphère humide), l'action est beaucoup plus rapide si la cellule de cire est fixée à cheval sur la membrane intersegmentaire séparant deux sternites (3 à 5 jours en atmosphère sèche). La vitesse de pénétration dépend certainement de l'épaisseur de la chitine.

Par ailleurs, nous avons étudié la marche de l'intoxication sur les éléments du sang, à l'aide de frottis de sang fixés à l'alcool méthylique et colorés au Giemsa. L'action de l'arsenic sur le sang est alors particulièrement nette. Les globules du sang offrent rapidement un aspect caractéristique : vacuolisation intense du cytoplasme, disparition du contour des cellules, désintégration des amas de chromatine, division du noyau.

En résumé, il est indéniable que les arsenicaux sont susceptibles d'amener, par simple contact, la mort d'insectes tels que les Criquets. Si l'emploi de ces composés en poudrage, par avion, ne peut être envisagé dans nos pays par suite des risques d'intoxication pour l'homme et les animaux supérieurs, il présente du moins un certain intérêt pour les contrées inhabitées, par exemple en Afrique, contre les essaims de Sauterelles.

PHYSIOLOGIE COMPARÉE. — *Sur le développement post-nymphal des ailes des Lépidoptères.* Note de M. **Gabriel Guignon**, présentée par M. Paul Portier.

Tout Papillon sort de sa chrysalide avec des ailes de taille très réduite, des moignons d'ailes.

Il résulte de nos propres observations et expériences que, contrairement à l'opinion classique, le *développement post-nymphal* de ces ailes ne consiste ni *en un défripement*, ni *en un dépliage*, ni *en un déplissage*.

On assiste à un véritable agrandissement photographique de toutes les parties de l'aile, à l'exception des écailles qui ont leur taille définitive à la sortie de la chrysalide, et qui, implantées dans une aile de surface réduite, paraissent de ce fait très chevauchantes.

Le développement post-nymphal de l'aile ne peut se faire *normalement* que si les conditions suivantes sont remplies :

1° possibilité pour le Papillon d'agiter ses ailes;
2° organes pulsatiles thoraciques intacts;
3° possibilité d'une accumulation du sang dans les ailes pendantes;
4° possibilité pour l'air d'entrer par les stigmates mésothoraciques.

D'après ce que nous a permis d'établir l'étude de l'aile de l'imago, tant au point de vue de sa structure que de sa physiologie (1), il nous semble possible d'interpréter comme suit le développement post-nymphal.

A la sortie de la chrysalide, le contact subit de l'air avec les ailes du Papillon suffit sans doute à déterminer une excitation des terminaisons nerveuses alaires, ce qui détermine une contraction des muscles moteurs des ailes, d'où les trémulations que présentent alors celles-ci. Il en résulte *ipso facto* une consommation considérable d'oxygène par l'Insecte, d'où entrée d'air par les stigmates mésothoraciques dans les trachées alaires.

Outre une respiration plus intense, cette trémulation des ailes entraîne une accélération progressive du rythme des organes pulsatiles thoraciques qui lancent en abondance du sang dans les espaces péritrachéens intra-nervulaires, sang qui passe bientôt entre les deux membranes alaires.

Étant donné le jeu progressif de l'organe mésotergal (ou métatergal), la pression du sang va en croissant, ce qui détermine une extension de la

(1) G. Guignon, *Recherches en cours.*

membrane alaire chitineuse qui se distend à la façon d'un ballon de baudruche.

Mais, au fur et à mesure qu'elle se distend, la chitine de l'aile subit une dessiccation progressive et son élasticité diminue. Un freinage automatique de ce développement se trouve ainsi réalisé et tout rentre dans le calme. En particulier le rythme des organes pulsatiles thoraciques devient normal. En résumé, la circulation sanguine, alaire, déclenchée puis réglée par les organes pulsatiles thoraciques et la pénétration de l'air dans le système trachéen alaire, à partir des stigmates thoraciques, sont indispensables pour assurer le développement post-nymphal de l'aile des Lépidoptères.

PHARMACOLOGIE. — *Les propriétés fongicides préventives du bleu de méthylène en pathologie animale.* Note de M. **René Salgues**, présentée par M. Charles Achard.

Il y a quelques mois, dans un élevage de Wyandotte blanche, succombaient sans cause apparente un certain nombre de poussins, lot que nous désignerons par la lettre A, ou plutôt les syndromes observés plaidaient en faveur de la banale diarrhée blanche. L'examen bactériologique n'ayant pas confirmé ce diagnostic, la présence de lésions accusées du tractus digestif, lésions siégeant aux voies supérieures de préférence à l'intestin, nous a été révélée par de multiples autopsies. L'assise muco-membraneuse de l'œsophage, surtout du jabot, l'épithélium cavitaire du gésier montraient en abondance, avec des solutions de continuité, des placards grisâtres, adhérant fortement à la paroi. L'estomac glandulaire et la couche coriace du gésier offraient, par endroits, d'importantes ulcérations molles et suintantes mais non hémorragiques. En grattant avec un scalpel la surface de ces croûtes saillantes de la muqueuse du jabot et plaçant ce dépôt sur une lame nous avons pu, au microscope, porter facilement le diagnostic de mycose grâce aux hyphes et spores ovales abondantes sur la préparation et constater qu'elles étaient le fait de champignons levuriformes. Beaucoup de stomatites aviaires, aussi de reptiles, reconnaissant une pathogénie fongique, il devenait nécessaire de cultiver les éléments grossièrement examinés, afin d'en préciser la nature et le comportement, d'étudier les moyens propres à enrayer une affection revêtant un caractère épidémique. Un nouvel examen direct du produit de raclage dans le liquide de Pinoy, un autre encore après coloration au violet de gentiane phéniqué, nous ont permis d'éta-

blir définitivement la qualité de formes des levures du champignon. Après ensemencements sur carotte (colonies blanches) et sur gélose maltosée de Sabouraud (colonies blanchâtres quel que soit l'âge des cultures) nous avons effectivement vérifié, en éclaircissant avec le lactophénol d'Amann, que nous nous trouvions en présence de formes *Monilia* et *Oidium*. Nous avons réensemencé sur les mêmes milieux. Neuf fois sur dix, en gélose Sabouraud, se sont développées des colonies blanches, un peu sèches, ayant l'aspect de calottes bombées, constituées de conidies sphériques avec très peu de formations mycéliennes. Diluées et injectées par voie intraveineuse à des lapins, ceux-ci ont succombé rapidement à une mycose généralisée. L'agent causal, dont l'identité a été définitivement établie après rétroculture, était *Monilia albicans*. Trois fois sur neuf, ont fait leur apparition des colonies exubérantes, fortement duveteuses, représentées par un mycélium gracile et de nombreuses spores : elles provenaient d'*Oidium lactis*, lequel s'est révélé, après inoculation, non pathogène pour le cobaye et le lapin et très peu pour le canari et le chardonneret, mais générateur de troubles n'entraînant pas la mort chez le poussin et le pintadon. En employant la voie orale chez ceux-ci, nous avons eu un décès sur huit sujets mis en expérience. Nous étions donc en présence d'une stomatite parasitaire ou mycose type muguet.

Deux couvées de sensiblement même époque, logées dans un autre poulailler, n'ayant témoigné d'aucun symptôme, nous avons recherché la cause de cette immunité. Les cultures à *Monilia albicans*, divisées et diluées ont déterminé les mêmes troubles après injection, mais se sont montrées d'une innocuité complète après administration par voie orale : les toxines étaient donc neutralisées dans une quelconque portion du tube digestif. Tous autres facteurs jouant uniformément, nous ne pouvions incriminer que la nourriture. Les deux couvées indemnes recevant, dans leur ration, du petit blé dénaturé par addition de bleu de méthylène, nous avons supprimé cet aliment. Dès qu'il fut remplacé par du riz glacé et de l'orge paumelle et souillés par une émulsion de culture de *Monilia albicans*, les mêmes troubles, responsables de la mort des poussins A, ont fait alors leur apparition. Des sujets neufs, alimentés au blé dénaturé, ayant reçu ultérieurement du son humecté avec un broyat de culture, n'ont présenté aucun trouble. Bien qu'ayant perdu une partie de leur appétit, des coquelets, nourris avec du son et des grains souillés, puis placés au régime du blé *méthyléné*, n'ont pas été améliorés par ce changement diététique.

Sur soupçon d'origine fortuite, la preuve de la valeur fongicide *préventive* du bleu de méthylène ayant été faite, il devenait utile d'en étendre si

possible les indications. Des poulets de trois semaines étant morts de trichomoniase (flagellose à *Trichomonas gallinarum*), vérifiée par culture en milieu de Wenyon et par examens nécropsiques (plages de nécrose sur le pancréas et le foie fortement congestionné, épanchement péritonéal séro-fibrineux, foyers d'hépatisation pulmonaires, péricardite exsudative), des aliments ont été souillés avec l'eau de lavage de l'intestin et de fragments d'organes réduits en pulpe. Administrés concurremment avec du bleu de méthylène (1^g B. M. pour 100^g de nourriture), ils ont produit une diarrhée passagère, évacuations exclusivement liquides et plus fréquentes pendant une semaine, chez des poulets *n'ayant jamais reçu de blé dénaturé;* tout s'est résumé, par contre, à de très discrets symptômes de troubles gastro-intestinaux, diarrhée légère, avec retour à la normale après 36 heures, chez les poulets consommant régulièrement du son et des grains *au bleu*. Nous avons ainsi confirmé les propriétés fongicides du colorant, démontrant plutôt sommairement, il est vrai, mais d'indiscutable façon, croyons-nous, son défaut d'action curative et aussi, sa moindre action sur les flagellés du tube digestif par rapport à celle énergique qu'il exerce vis-à-vis des blastomycètes.

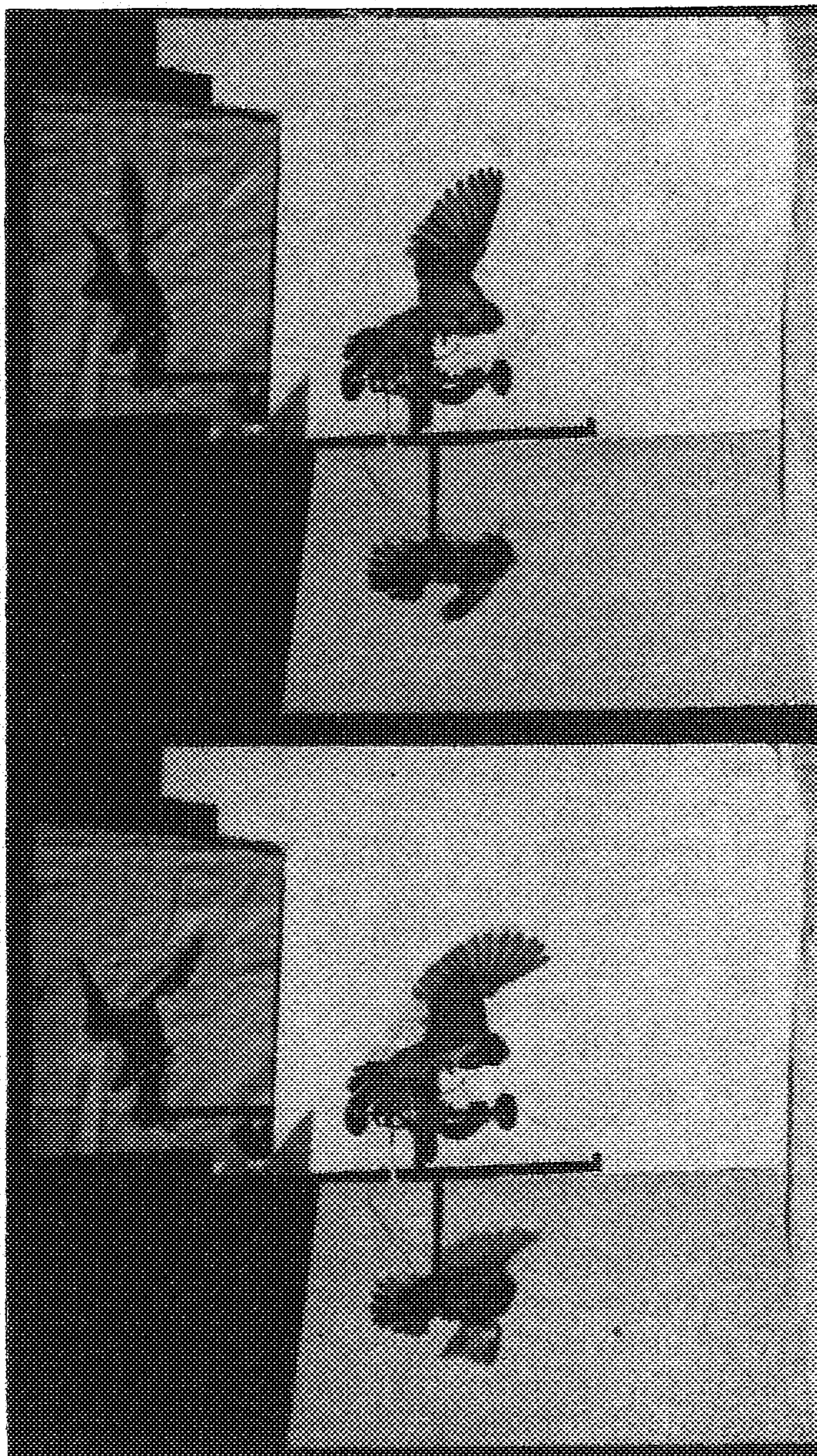
Une dernière expérience est à mentionner : des sorghos d'importation (*Andropogon sorghum cernuum*), aux caryopses parasités par une ustilaginée (*Cintractia* sp.), ayant provoqué des accidents toxiques chez des moutons, nous avons fait tremper alors, environ deux à trois heures avant l'ingestion, les grains à distribuer, dans une solution de bleu de méthylène à 1 pour 100. En continuant cette préparation jusqu'à épuisement du stock, pour deux spécimens seulement, nous avons vu d'abord l'arrêt des troubles, ensuite la régression des manifestations nerveuses initiales.

MÉCANIQUE ANIMALE. — *Essais de cinématographie d'ailes d'Oiseaux en mouvement dans trois directions perpendiculaires deux à deux*. Note [1] de MM. ANTOINE MAGNAN et HENRY GIRERD.

L'étude cinématographique du coup d'aile d'un Oiseau ou d'un Insecte et surtout l'étude détaillée des positions successives de l'aile pendant le battement présente, si l'on opère avec un film unique, et cela quel que soit le nombre de vues prises par seconde, une grosse difficulté : fixer la situation exacte dans l'espace du plan alaire.

---

[1] Séance du 22 février 1937.



Marey avait proposé autrefois de résoudre le problème en se servant de trois appareils chronophotographiques dont les axes optiques seraient perpendiculaires deux à deux, *mais sans réaliser le dispositif* (²).

Nous avons pensé que, tout au moins dans le cas d'un volume d'air limité, il était possible d'obtenir sur la même pellicule des images comparables aux trois projections habituelles de la géométrie descriptive ou du dessin de machine et d'avoir ainsi trois vues des ailes d'un Oiseau par exemple sur les trois plans de coordonnées.

Pour avoir cinématographiquement de telles projections nous utilisons deux glaces argentées planes, faisant chacune un angle convenable, d'environ 45°, avec l'axe optique du cinématographe et disposées de telle façon que l'une placée verticalement donne la vue dite *de profil* et que l'autre inclinée sur l'horizontale reproduise la vue dite *en plan*. D'autre part l'objectif dont l'axe optique est horizontal fournit directement, avec les deux images précédentes, la vue dite *de face*.

Les angles de calage des glaces sont fonction de la distance du cinématographe au centre du volume utile. Pour permettre ce réglage, on place au centre de ce volume un cube dont les trois faces doivent donner des images carrées sur le film.

Le réglage n'est rigoureux que pour ce centre; les corrections de perspective sont faibles pour un volume réduit et peuvent être effectuées avec assez de précision lors de la restitution photographique.

Pour cette restitution, il faut en particulier tenir compte du fait que, si l'objectif employé a une grande profondeur de champ, on peut obtenir des images nettes, mais qui ne sont pas à la même échelle que l'image directe. Ceci amène une correction importante qui tient à ce que les images dans les glaces ne sont pas situées à la même distance de l'objectif que l'Oiseau lui-même.

Quoi qu'il en soit, on peut, ou bien procéder à la restitution complète point par point, ou encore en première approximation effectuer trois agrandissements à des échelles convenables des images plus petites que la vue dite de face, agrandissements assurant une restitution suffisamment correcte pour une première étude.

Le film reproduit ci-contre montre avec une seule échelle d'agrandissement les images simultanées, sur les trois plans de coordonnées, d'un

---

(²) MAREY, *Le vol des Oiseaux*, Paris 1890, p. 169.

cou-coupé fixé à un support, ces vues étant enregistrées à une cadence de 120 images par seconde.

Telles quelles les trois images obtenues ainsi sur chaque vue du film permettent de déterminer avec une précision beaucoup plus grande qu'antérieurement les mouvements exacts des ailes de l'animal.

Nous avons pu réaliser depuis ce premier essai un semblable dispositif avec cadre-repère pour un volume utile de un mètre cube, ce qui va nous faciliter une même étude sur de petits Oiseaux ou même des Pigeons en vol libre.

BIOPHYSIQUE. — *Gélification du sang intégral.* Note de MM. **Wladislas Kopaczewski** et **René Paille**, transmise par M. Arsène d'Arsonval.

Nous avons démontré [1] que le sang rendu incoagulable ainsi que ses constituants se gélifient sous l'influence des acides et des bases. Afin de mettre en évidence les rapports éventuels entre le phénomène de gélification des protides que nous avons décrit en 1935 [2] et celui de la coagulation du sang, nous avons expérimenté sur du sang total, intégral, n'ayant subi aucune manipulation, sauf celle de répartition dans des tubes à essai et d'une agitation mitigée, ainsi que le contact avec l'air ambiant.

Technique expérimentale. — Pour retarder la coagulation du sang nous avons effectué toutes les opérations dans des vases paraffinés; le prélèvement du sang a été fait à l'aide de trocarts paraffinés, de fort calibre. Nous avons fait un très grand nombre d'expériences-témoins, afin de fixer le temps de la coagulation (vases paraffinés, ou non, contenu agité, ou non, tubes bouchés, ou non, etc.). D'une façon générale, la coagulation est environ deux fois plus lente dans les tubes paraffinés : pour le cheval, elle oscille entre 15 et 35 minutes à 20° C. dans des tubes paraffinés, pour ne s'effectuer qu'entre 40 et 95 minutes dans des vases paraffinés. En dehors de ces variations du temps de coagulation d'un animal à l'autre, on ne peut pas éviter certaines irrégularités dues à la rapide sédimentation des globules du sang de cheval; de sorte que chaque série expérimentale a dû être accompagnée de 16 tubes-témoins.

Résultats expérimentaux. — Nous avons choisi pour cette expérimentation avant tout l'acide lactique, qui se trouve normalement dans le sang circulant et qui peut être considéré comme un produit physiologique.

---

(1) W. Kopaczewski, *Comptes rendus*, 204, 1937, p. 453.
(2) W. Kopaczewski, *Comptes rendus*, 200, 1935, p. 418.

Lactogélification du sang intégral de cheval à 37° C.
(moyennes de six séries expérimentales).

Concentrations finales d'acide lactique (pour 100).	Temps de gélification.
60	plus de 48 heures
40	instantanée
25	»
14	»
7,5	»
4,0	»
2,0	5 minutes
1,0	180 »
0,50	20 »
0,250	20 »
0,125	10 »

Tout comme l'acide lactique, la soude caustique gélifie le sang intégral : ainsi, à la concentration finale de 15 pour 100, la gélification s'obtient en 15 minutes.

De plus, non seulement le sang total, mais aussi ses constituants — plasma et globules — se gélifient par l'acide lactique, ou par la soude caustique; toutefois, dans les mêmes conditions expérimentales, la gélification du plasma est environ deux fois plus lente et celle des globules deux fois plus rapide qne celle du sang total.

Conclusions. — L'ensemble de ces faits peut être résumé ainsi :

1° L'acide lactique gélifie le sang total, intégral, le plasma et les globules;

2° Cette gélification est périodique et dépend de la concentration de l'acide :

a. à doses fortes (60 pour 100) la gélification est très retardée;

b. à doses moyennes (4 à 40 pour 100) la gélification est instantanée;

c. des doses faibles (0,5 à 1,0 pour 100) la retardent aussi : dans quelques cas le sang est resté liquide au delà de 7 jours;

d. des doses infimes (0,125 pour 100) l'accélèrent sensiblement.

Cette dernière constatation est importante : on sait, en effet, que l'acide lactique se trouve normalement dans le sang à la concentration de 0,1 à 0,2 pour 100, au repos, et s'élève à 0,2-0,3 pour 100, et plus, au cours d'un travail musculaire; or, le travail musculaire s'accompagne, à son tour, d'une accélération du rythme cardiaque et d'une dyspnée d'effort.

De plus, l'augmentation du taux d'acide lactique sanguin a été signalée par divers auteurs au cours de certaines cardiopathies (Eppinger, Mauriac et autres). Ne pourrait-on y voir, tout simplement, l'accentuation de la viscosité sanguine grâce à l'acidité accrue, se répercutant sur l'intensité de la propulsion cardiaque? On voit, en effet, que les oscillations, pour ainsi dire physiologiques, de l'acide lactique sanguin peuvent régler la viscosité sanguine et, *eo ipso*, le travail de cœur : lorsque le taux d'acide lactique atteint 0,25 pour 100, la viscosité sanguine augmente; mais, lorsqu'il dépasse 0,6 pour 100, elle s'abaisse. L'acide lactique apparaît donc comme régulateur de la contraction cardiaque.

En comparant la rapidité de la gélification du sang par l'acide lactique à 37°C. et à 20°C., nous avons constaté qu'elle est plus rapide dans le premier cas; c'est une analogie avec le phénomène dit de la coagulation sanguine et avec celui du travail du ferment hypothétique coagulant (thrombase). Mais cette analogie ne s'arrête pas là : des expériences en cours permettent, d'ores et déjà, de dire, que le processus de la coagulation du sang n'est pas autre chose que la transformation des colloïdes plasmatiques hydrophobes d'un état de sol à l'état de gel.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Action du courant électrique sur l'hémoglobine en présence de différents électrolytes.* Note (1) de Mme **Raymonde Duval**, présentée par M. Georges Urbain.

L'action du courant électrique sur une solution aqueuse d'hémoglobine et sur diverses solutions ionisées de ce composé, a été étudiée en opérant dans un tube en U muni de robinets (2), ceux-ci étant ouverts pendant la durée de l'expérience et fermés à la fin si l'on veut isoler les corps formés dans les compartiments anodique et cathodique. On peut aussi utiliser un simple tube en U de 2cm de diamètre. Le courant continu est pris sous 110 volts dans le cas de la solution aqueuse d'hémoglobine et sous des tensions moindres dans les autres cas.

1. Avec une solution aqueuse saturée, il apparaît, au bout de deux jours, surtout si le tube est étroit, une liqueur rouge foncé dans la partie inférieure du tube et après trois ou quatre jours, un dépôt noir apparent sur

(1) Séance du 22 février 1937.

(2) Clément Duval, *Comptes rendus*, 200, 1935, p. 2175.

la cathode, dépôt qui a été caractérisé comme fer. Le courant continuant de passer, on observe la décoloration du contenu des branches; enfin, un magma épais et visqueux obstrue la partie inférieure du tube et coupe le courant.

2. Une solution aqueuse de chlorure de potassium à 10 pour 100, saturée d'hémoglobine, se décompose rapidement sous l'action du courant. Du côté anodique, apparaît un précipité brun, vraisemblablement constitué par de l'hématine. Il se transforme progressivement en un composé blanc soluble dans l'ammoniaque et reprécipité par l'acide chlorhydrique. Il a déjà été signalé par Meyer et Vlès ([3]) qui ont observé sa production en faisant agir progressivement du chlore sur l'hémoglobine. La transformation en précipité blanc, dans la branche anodique, est à peu près complète en une demi-heure. L'électrolyse se poursuit alors régulièrement avec des pulsations espacées d'une demi-minute, en moyenne, l'électrolyte oscillant dans le tube; il se produit alors une étincelle entre la cathode et la surface de contact; quelquefois, une gaine lumineuse est visible autour de cette électrode. Du côté cathodique, on observe, au début, une mousse abondante; la liqueur est colorée en rouge pourpre et renferme un précipité de même couleur; cette liqueur exposée à l'air, brunit assez rapidement, ce qui paraît indiquer la présence d'hématine réduite.

3. Une solution aqueuse de bromure de potassium à 10 pour 100, saturée d'hémoglobine, permet l'observation de phénomènes similaires. Du côté anodique, il se forme du brome et un précipité blanc; dans la branche cathodique, la liqueur reste colorée en jaune brun. Ceci permet de penser que l'empoisonnement par le brome serait dû, comme dans le cas du chlore, à la transformation de l'hémoglobine du sang en cette substance blanche.

4. Les solutions aqueuses, saturées d'hémoglobine renfermant de l'iodure de potassium, du sulfate de potassium, de l'acétate d'ammonium, ne donnent pas lieu à la formation du précipité blanc, par électrolyse.

Avec l'iodure, la liqueur se colore en rouge à l'anode, en même temps qu'il se forme de l'iode libre; à la cathode, il se forme un dépôt noir abondant, soluble dans les acides.

Avec le sulfate, un précipité formé d'abord du côté anodique, se dirige ensuite vers la cathode et le liquide de la branche correspondante reste coloré en rouge brun.

([3]) *C. R. Soc. Chim. biol.*, 2, 1920, p. 96.

Avec l'acétate, la liqueur se colore en rouge vers la cathode, comme dans le cas du chlorure de potassium.

Avec la soude, il n'y a pas de changement apparent; en présence d'acide citrique, il y a cataphorèse et avec l'ammoniaque, il se produit l'anaphorèse.

5. Des expériences semblables ont été effectuées avec le sang humain (sang hémolysé ou sérum et caillot), mais la coagulation coupe le courant avant l'apparition de phénomènes visibles.

IMMUNOLOGIE. — *Immunisation intracutanée contre l'épithélioma et son mécanisme.* Note de MM. **Alexandre Besredka** et **Ludwik Gross**, présentée par M. Antonin Gosset.

Des lapins, que l'on vaccine contre l'épithélioma de Brown-Pearce par la voie intracutanée, acquièrent, comme il a été montré précédemment (1), une immunité contre la réinoculation de cette même tumeur. Cette immunité, que nous sommes en mesure de créer à volonté, est extrêmement solide; de plus, elle permet à l'animal de résister à des inoculations faites en n'importe quel point de l'économie. Aussi en présence d'une telle immunité générale, pouvait-on penser qu'elle reposait sur la présence d'anticorps spécifiques dans le sang.

Nous nous adressâmes, pour nous en assurer, à des lapins hyperimmunisés, c'est-à-dire ayant reçu, après avoir résorbé leur tumeur intracutanée, des doses massives d'émulsion épithéliomateuse par différentes voies. Voici une de ces expériences :

Le 26 novembre, le sérum provenant de lapins hyperimmunisés est injecté, à la dose de 10^{cm^3} à 15^{cm^3}, sous la peau de trois lapins neufs; trois autres lapins reçoivent chacun sous la peau la même quantité de sérum normal de lapin.

Le 27 novembre, on inocule aux six lapins l'épithélioma dans la peau.

Le 28, 29 et 30 novembre, on renouvelle les injections de sérum aux six lapins, dans les mêmes conditions que le 26 novembre.

Dans les jours qui suivent on voit apparaître des tumeurs intracutanées chez tous les lapins, sans qu'il y ait une différence appréciable entre les uns et les autres.

Il ressort de cette expérience, ainsi que d'autres semblables, que le sérum des lapins hyperimmunisés, bien qu'administré à des doses élevées

(1) *Annales Institut Pasteur*, 56, 1936, p. 126; 57, 1936, p. 343.

(45 à 50$^{cm^3}$), est incapable de préserver les animaux neufs contre l'épithélioma; ce sérum ne semble donc pas renfermer d'anticorps préventifs, alors que les animaux fournisseurs de ce sérum sont en possession d'une immunité active des plus prononcées.

Dans une autre série d'expériences, nous eûmes recours au phénomène de parabiose. Rappelons que Morpurgo ([2]), dans ses recherches sur le sarcome, a mis en état de parabiose deux rats neufs de race différente, dont l'un était réceptif à l'égard de cette tumeur, et l'autre, au contraire, naturellement réfractaire. Cette opération qui a mis, pour ainsi dire, en commun leurs humeurs, n'a pas empêché chacun de ces animaux de conserver sa réceptivité initiale. Dans nos expériences de parabiose, nous nous sommes adressés à des lapins qui, par suite de la vaccination au moyen d'émulsion d'épithélioma, avaient acquis une immunité active spécifique. Il s'agissait de savoir si leur immunité pouvait se transmettre, par l'intermédiaire du sang, à des lapins neufs.

Voici comment nous avons procédé. Des lambeaux de peau, larges de 8^{cm} et longs de 12 à 14^{cm}, étaient excisés chez un lapin hyperimmunisé et chez un lapin neuf; sur toute cette étendue, on cousait ensemble les couches musculaires, après quoi, on réunissait la peau des deux lapins par de nombreux points de suture. Quand la cicatrisation était consolidée, on inoculait à chacun des deux lapins de l'épithélioma dans la peau. Or, malgré l'état de parabiose, chacun de ces lapins réagissait comme s'ils n'avaient pas été réunis : dans la semaine qui suivait l'inoculation, le lapin neuf montrait une tumeur caractéristique, alors que son voisin hyperimmunisé demeurait indemne.

Dans chacune de nos expériences, nous avions soin d'injecter aux lapins hyperimmunisés des bacilles typhiques ou du sérum antidiphtérique : l'apparition des anticorps correspondants dans le sang du lapin neuf, se trouvant en parabiose avec le précédent, nous indiquait l'établissement des échanges entre les deux animaux.

De l'ensemble de ces expériences, il y a lieu de conclure à l'absence d'anticorps dans le sang des lapins hyperimmunisés. Jusqu'à preuve du contraire, nous sommes enclins à penser que l'immunité de ces derniers contre l'épithélioma, qui offre tant d'analogie avec celle observée dans le cas de charbon, s'élabore au sein des cellules lymphatiques et rentre dans la catégorie des immunités que nous désignons sous le nom de locales.

([2]) *Frankfurt. Zeitschrift f. Pathol.*, 34, 1926, p. 337.

M. N. D. Costeanu adresse une Note *Sur la recherche et le dosage de la potasse assimilable dans les sols.*

La séance est levée à 16h.

E. P.

ERRATA.

(Séance du 15 février 1937.)

Note de M. *Jean Delsarte*, Sur une généralisation de la formule de Taylor :

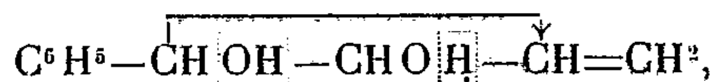
Page 469, au second membre de la formule (1), *lire*

$$\sum_{p=0}^{n} \varphi_p(y)\, \partial_x^{(p)} [f(\xi)] + \mathfrak{i}_{xy} \{ \varphi_n(\eta)\, \partial_\xi^{(n+1)} [f(\zeta)] \},$$

(Séance du 22 février 1937.)

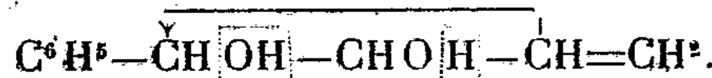
Note de MM. *Marc Tiffeneau* et *Paul Weill*, Déshydratation sulfurique du divinylglycol. Transposition du type hydrobenzoïnique avec migration du radical vinyle :

Page 590, modifier le sens de la flèche de la formule de droite. *Au lieu de*



$C^6H^5-CH\,OH-CH\,O\,H-CH=CH^2$,

lire



$C^6H^5-CH\,OH-CH\,O\,H-CH=CH^2$.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SEANCE DU LUNDI 8 MARS 1937.

PRÉSIDENCE DE M. EMMANUEL LECLAINCHE.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

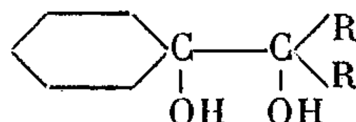
DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Ministre de l'Éducation Nationale** adresse ampliation du décret, en date du 26 février 1937, portant approbation de l'élection que l'Académie a faite de M. **Simon Flexner** pour occuper la place d'Associé étranger vacante par le décès de M. *E. Paterno di Sessa*.

Il est donné lecture de ce décret.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur les transpositions moléculaires obtenues dans la déshydratation de la méthyl-4-cyclohexylisopropylpinacone*. Note (¹) de M. **Marcel Godchot** et Mlle **Germaine Cauquil**.

Les recherches de Tarbouriech (²) et de Meerwein (³) ont établi qu'un glycol cyclanique de formule générale



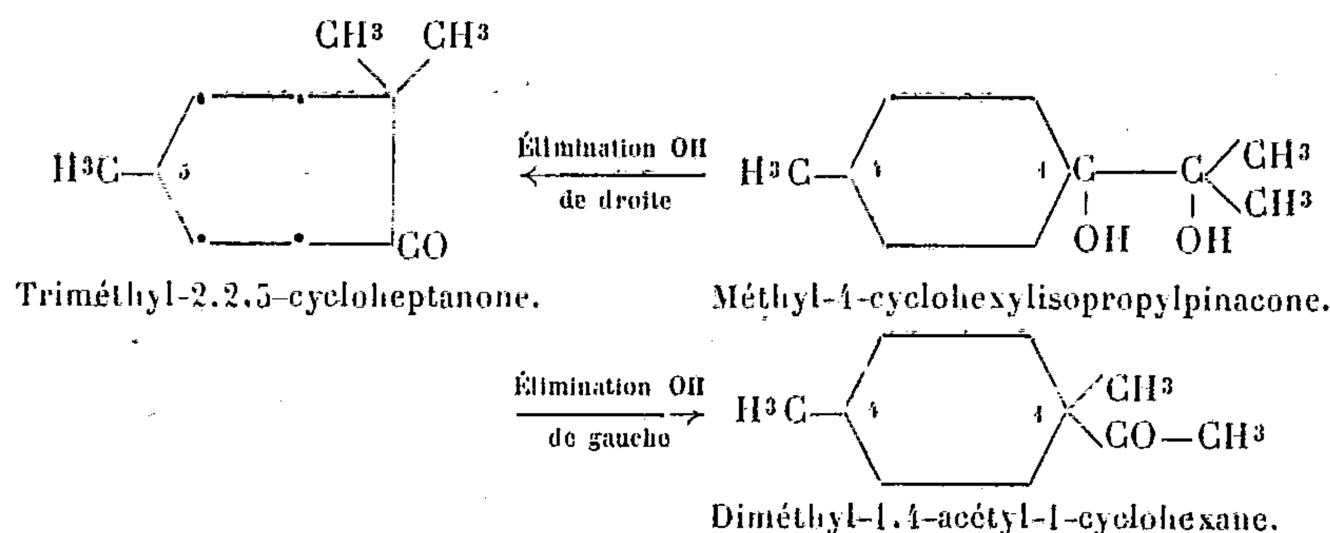
donnait naissance par déshydratation lorsque R était un radical aliphatique aux deux cétones transposées théoriquement possible, l'une, si $R = CH^3$, étant la diméthyl-2-cycloheptanone avec extension de cycle, l'autre le méthyl-1-acétyl-1-cyclohexane, par migration d'un radical CH^3 et, par conséquent, sans extension de cycle; cette déshydratation fournit aussi une certaine quantité de carbure diéthylénique. Meerwein a montré

(¹) Séance du 1er mars 1937.

(²) *Comptes rendus*, 149, 1909, p. 605, 803 et 150, 1910, p. 1607.

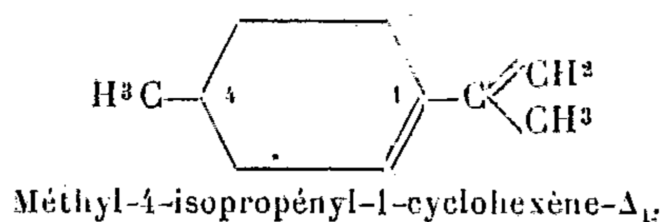
(³) *Ann. der Chimie*, 396, 1913, p. 200.

également que la cétone en C^7 se formait en plus faible quantité que la cétone en C^6, puisqu'il obtint un tiers de la première pour deux tiers de la seconde. Cette Note a pour but d'examiner ce qui se passe lorsque le noyau cyclohexanique comporte une substitution, par exemple, un radical méthyle; à titre d'exemple, nous avons tout d'abord étudié la déshydratation de la méthyl-4-cyclohexylisopropylpinacone que nous avons préparée facilement en faisant réagir quatre molécules d'iodure de méthylmagnésium sur l'ester méthylique de l'acide méthyl-4-cyclohexane-ol-1-carbonique-1 obtenu récemment par nous (¹). Ce diol, cristallisé en belles aiguilles dans l'éther de pétrole, est fusible à 95°-96°. Soumis vers 120° à l'action de l'acide oxalique dissous dans l'eau, il se déshydrate en donnant naissance aux deux cétones



Triméthyl-2.2.5-cycloheptanone. Méthyl-4-cyclohexylisopropylpinacone. Diméthyl-1.4-acétyl-1-cyclohexane.

ainsi qu'au carbure diéthylénique



Méthyl-4-isopropényl-1-cyclohexène-Δ_1.

Nous avons constaté que l'introduction du radical méthyle dans le noyau cyclohexanique favorisait assez fortement la formation du carbure en diminuant dès lors celle des cétones; le produit de la déshydratation renferme en effet environ 60 pour 100 de carbure pour 40 pour 100 de cétones; de plus la cétone cycloheptanique ne se produit qu'en quantité assez faible, ne dépassant pas le dixième de la masse cétonique. Les trois corps bouillant à des températures voisines, pour les obtenir à l'état pur, il nous a paru commode de transformer en oximes les cétones, de séparer les oximes formées du carbure par distillation fractionnée dans le vide; on

(¹) *Comptes rendus*, 204, 1937, p. 77.

régénère ensuite les cétones de l'oxime brute, on sépare par cristallisation fractionnée dans l'alcool absolu les semicarbazones des deux cétones desquelles on régénère finalement les cétones pures.

A. *Méthyl-4-isopropényl-1-cyclohexène-Δ_1*. — Ce carbure est identique à celui décrit par Perkin et Wallach ([5]) qui l'obtinrent par déshydratation du Δ_3-*p*-menthenol et le désignèrent sous le nom de $\Delta_{3,8}$ (9)-*p*-menthadiène. Les constantes du carbure préparé par nous sont concordantes avec celles données par ces chimistes

$Eb_{14} = 76^o$; $Eb_{755} = 183^o,5 - 185^o,5$; $d_{4^o}^{21^o} = 0,8679$; $n_D^{21^o} = 1,4957$;
RM trouvée $= 45,68$; calculées pour $C^{10}H^{16} = 45,25$.

Il nous a paru intéressant d'y annexer le spectre Raman

322 (F), 366 (f), 603 (F), 658 (f), 752 (ff), 814 (ff), 881 (F), 957 (TF), 1050 (ff), 1229 (TF), 1282 (f), 1318 (f), 1360 (ff), 1444 (TF), 1629 (TF), 2872 (F), 2920 (F), 2960 (F).

On constate comme particularité le renforcement de la fréquence due aux deux liaisons éthyléniques conjuguées en même temps que son abaissement; la raie 1629 est en effet très forte et d'une exceptionnelle largeur (6 cm^{-1}), ce carbure se comportant de ce point de vue d'une manière analogue à l'érythrène et à ses dérivés (Kohlrausch, *S. R. E.*, p. 322).

B. 2.2.5-*Triméthylcycloheptanone*. — Cette cétone, inconnue jusqu'ici, a été retirée de sa semicarbazone (PF 200°-201°) que l'on sépare assez facilement à l'état pur étant donné sa faible solubilité dans l'alcool froid. Elle bout à 86°-87° sous 12^{mm} ($d_{4^o}^{20^o} = 0,8914$; $n_D^{20^o} = 1,4520$; RM trouvée : 46,56; calculée pour $C^{10}H^{18}O = 46,19$; $Y_{20} = 33,5$ dynes/cm; Parachor : trouvé, 414; calculé 403,6). Son oxime cristallise dans l'alcool en tables volumineuses et est fusible à 62°. Cette cétone n'est pas oxydée par BrONa. Le spectre Raman de cette cétone confirme bien sa structure cycloheptanique car il possède les raies caractéristiques de la cycloheptanone et de ses homologues 1-méthylé et 2.2-diméthylé que nous avons également déterminées; ces différents spectres seront indiqués ultérieurement.

C. *Diméthyl-1-4-acétyl-1-cyclohexane*. — Cette nouvelle cétone, isomère de la précédente, a été isolée à l'état pur par régénération de sa semicarbazone (PF = 156°), plus soluble dans l'alcool absolu que la précédente. Elle bout à 85°, sous 12^{mm} ($d_{4^o}^{20^o} = 0,8964$; $n_D^{20^o} = 1,4516$; RM trouvée, 46,30;

([5]) *Journal of the Chemic. Soc.*, 97, 1910, p. 1436.

calculée pour $C^{10}H^{18}O = 46,19$; $Y_{20} = 32$ dynes/cm. Parachor : trouvé, 407; calculé, 405,1). Son oxime cristallise en belles tables dans l'alcool absolu et est fusible à 123°. Si l'on soumet à 70° à l'action de l'hypobromite de sodium cette cétone, on obtient du bromoforme et l'acide diméthyl-1-4-cyclohexanecarbonique-1 $H^3C\langle_4 \quad _1\rangle C\langle^{CH^3}_{COOH}$, liquide sirupeux ($Eb_{14} = 135°$), dont l'amide obtenue par action d'une solution d'ammoniaque dans l'éther absolu sur son chlorure acide est fusible après cristallisation dans le benzène à 127°-128°. Le spectre Raman du diméthyl-1-4-acétyl-1-cyclohexane confirme également sa structure moléculaire, car il présente les raies caractéristiques d'autres cétones C^6H^{11}—CO—R que nous avons également déterminées.

En résumé, la déshydratation de la méthyl-4-cyclohexylisopropylpinacone permet de préparer par transposition moléculaire deux cétones inconnues jusqu'ici, donnant ainsi un nouvel exemple d'obtention de substances difficiles à obtenir par d'autres voies.

M. **Louis de Broglie** fait hommage à l'Académie d'un Ouvrage de M. Adolphe Buhl, *Analogies corpusculaires et ondulatoires*, dont il a écrit la *Préface*.

NOMINATIONS.

M. **Gaston Julia** est désigné pour représenter l'Académie au *Deuxième centenaire* de la fondation de l'Université de Göttingen.

ÉLECTIONS.

Par la majorité absolue des suffrages, MM. **Paul Marchal**, **Emmanuel Leclainche**, **Gabriel Bertrand**, **Louis Blaringhem**, **Richard Fosse** sont élus membres du *Conseil supérieur des Recherches scientifiques Agronomiques*.

CORRESPONDANCE.

L'**Université nationale et capodistriaque d'Athènes** invite l'Académie à se faire représenter aux fêtes du centième anniversaire de sa fondation, qui auront lieu à Athènes le 18 avril 1937.

La **Kaiserlich Leopoldinisch-Carolinisch deutsche Akademie der Naturforscher** invite l'Académie à se faire représenter aux fêtes du 250e anniversaire de sa fondation, à Halle, le 28 mai 1937.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° *L'Astéréomètre de Jeaurat*, par MM. J. M. Faddegon et Jacques Boizard de Guise (présenté par M. G. Perrier.)
2° Divers tirages à part des travaux de biologie humaine de M. Raymond Pearl.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les noyaux du type Fourier.* Note de M. **N. Gunther**, présentée par M. Jacques Hadamard.

Soit donné un domaine (Ω) à n dimensions, de mesure finie ou non. Soit $k(\tau, x)$ une fonction moyenne des domaines (τ), qui, pour chaque (x), est additive et à variation bornée dans chaque domaine à mesure finie contenu dans (Ω) (1) et comme fonction du point (x), pour chaque (τ) à mesure finie, est à carré sommable dans (Ω). En convenant de désigner par $f(\omega)$ la moyenne pour le domaine (ω) d'une fonction sommable $f(x)$,

$$f(\omega) = \frac{1}{\omega}\int_{(\omega)} f(x)\,dx, \tag{1}$$

ω étant la mesure de (ω); supposons encore que $k(\tau, \omega) = k(\omega, \tau)$.

(1) *Recueil mathématique de Moscou*, 42, 1935, p. 279.

Nous dirons que $k(\tau, x)$ est un noyau du type Fourier, si, pour chaque fonction $f(x)$ à carré sommable dans (Ω), l'intégrale

$$\int_{(\Omega)} k(\tau, x) f(x)\, dx \tag{2}$$

est égale à la moyenne $g(\tau)$ d'une fonction $g(x)$ à carré sommable dans (Ω) et si l'on a

$$f(\omega) = \int_{(\Omega)} k(\omega, y) g(y)\, dy. \tag{3}$$

THÉORÈME I. — *Si $k(\tau, x)$ est un noyau du type Fourier, on a, pour chaque domaine (τ) à mesure finie τ contenu dans (Ω)* [2],

$$\int_{(\Omega)} k^2(\tau, x)\, dx = \frac{1}{\tau}. \tag{4}$$

THÉORÈME II. — *Si $k(\tau, x)$ satisfait à l'équation (4) et si $k(\tau, \omega) = k(\omega, \tau)$, l'intégrale (2) est égale à la moyenne d'une fonction $g(x)$ à carré sommable dans (Ω), le noyau $k(\tau, x)$ est du type Fourier, et l'on a*

$$\int_{(\Omega)} f^2(x)\, dx = \int_{(\Omega)} g^2(x)\, dx. \tag{5}$$

THÉORÈME III. — *Si $k(\tau, x)$ est un noyau du type Fourier, on a, une suite $\{\psi_k(x)\}$ de fonctions à carré sommable orthogonale normée et fermée dans (Ω) étant choisie*

$$k(\tau, \omega) = \sum_{k=1}^{\infty} \varphi_k(\tau)\psi_k(\omega), \tag{6}$$

où $\varphi_k(\tau)$ sont les moyennes des fonctions à carré sommable dans (Ω) données par les égalités

$$\varphi_s(\tau) = \sum_{k=1}^{\infty} c_s^{(k)}\psi_k(\tau), \tag{7}$$

dans lesquelles

$$\{c_s^{(k)}\} \tag{8}$$

est une matrice unitaire symétrique, c'est-à-dire répondant aux égalités

$$\sum_{s=1}^{\infty} c_s^{(k)} c_s^{(l)} = 0, \quad \text{si } k \neq l; \quad = 1, \quad \text{si } k = l; \quad c_s^{(k)} = c_k^{(s)}. \tag{9}$$

---

[2] WATSON, *Proceedings London Math. Soc.*, 35, 1933, p. 159-199.

Inversement, une matrice unitaire symétrique étant donnée, la somme de la série (6) est la moyenne d'une fonction $k(\tau, x)$ vérifiant l'équation (4).

Remarque. — $k(\tau, x)$ n'est pas nécessairement la moyenne pour (τ) d'une fonction sommable $k(y, x)$, comme le montre l'exemple

$$\delta(\tau, \omega) = \sum_{k=1}^{\infty} \psi_k(\tau)\psi_k(\omega), \tag{10}$$

où $\delta(\tau, x)$ est une fonction de (x) qui est égale à zéro ou à $1/\tau$ suivant que (x) est à l'extérieur de (τ) ou dans son intérieur.

Théorème IV. — *La suite* $\{\psi_k(x)\}$ *orthogonale, normée et fermée dans* (Ω) *étant choisie et une matrice unitaire* (8), *qui n'est pas nécessairement symétrique, mais répond aux conditions*

$$\left\{\begin{array}{ll} (a) & \displaystyle\sum_{k=1}^{\infty} c_s^{(k)} c_6^{(k)} = 0 \qquad (s \neq 6;\ = 1,\ s = 6), \\ (b) & \displaystyle\sum_{s=1}^{\infty} c_s^{(k)} c_s^{(l)} = 0 \qquad (k \neq l;\ = 1,\ k = l), \end{array}\right. \tag{11}$$

étant donnée, les fonctions $\varphi_s(\tau)$, *définies par les égalités* (7), *sont les moyennes des fonctions* $\varphi_s(x)$ *à carré sommable dans* (Ω), *formant une suite orthogonale, normée et fermée dans* (Ω). Inversement, une suite $\{\varphi_s(x)\}$ de fonctions à carré sommable, orthogonale, normée et fermée étant donnée, les moyennes $\varphi_k(\tau)$ des fonctions $\varphi_k(x)$ sont définies par les égalités (7), la matrice (8) vérifiant les conditions (11), (a) et (b).

Si l'on suppose que la matrice (8), répondant aux conditions (11), (a) et (b), est arbitraire, les séries (7) donnent sans aucune exception toutes les suites orthogonales normées et fermées dans (Ω). Dans ce cas $k(\tau, \omega)$, la somme de la série (6), n'est pas, éventuellement, symétrique. On a, pour chaque fonction $f(x)$ à carré sommable dans (Ω)

$$f(\omega) = \int_{(\Omega)} k(y, \omega)\left[\int_{(\Omega)} k(\tau, x) f(x)\, dx\right] dy, \tag{12}$$

$k(\tau, \omega)$, pour (ω) fixe, étant la moyenne pour (τ) d'une fonction à carré sommable.

MÉCANIQUE DES FLUIDES. — *Corrections de parois dans le cas d'un tunnel de section elliptique.* Note de MM. **Lucien Malavard** et **Joseph Pérès**, présentée par M. Henri Villat.

La question a été traitée, dans toute sa généralité, par Rosenhead et par de Haller en utilisant les fonctions elliptiques. Nous donnons ici une méthode plus élémentaire, qui est cependant aussi complète que les précédentes et qui aboutit à des formules dont le calcul numérique est très aisé. Mais nous nous limitons au cas où l'aile, assimilée comme il est usuel à une ligne portante, est disposée suivant le segment focal de l'ellipse section de la veine.

Soit d'abord le cas où l'envergure de l'aile va d'un foyer à l'autre (cas auquel nous ramènerons le cas général par un artifice très simple). On sait que la transformation de Joukowsky fait corrrespondre à l'aire de la section, munie d'une coupure suivant le segment focal, une couronne du plan complexe Z, comprise entre deux cercles de rayons respectifs l'unité et R [les axes de l'ellipse étant $1/2(R+1/R)$ et $1/2(R-1/R)$, la demi-distance focale étant prise pour *unité*]. Désignant par $x = \cos\theta$ l'abscisse d'un point du segment focal, nous nous donnerons la répartition des circulations suivant l'envergure sous la forme classique

$$\Gamma = \frac{c_p SV}{\pi} \Sigma_n \gamma_n \sin n\theta \qquad (\gamma_1 = 1), \tag{1}$$

d'où le potentiel des tourbillons libres, en fonction de Z,

$$f = \frac{i}{2\pi} c_p SV \sum_n \gamma_n \frac{1}{Z^n}. \tag{2}$$

Il faut corriger ce potentiel pour tenir compte des conditions connues aux limites de la veine et, le potentiel image devant être régulier dans toute l'ellipse, il est naturel de le définir en combinant les expressions $Z^n + 1/Z^n$ (n entier). Un calcul facile donne le potentiel induit dû à la limitation de la veine

$$f_1 = \varepsilon \frac{i}{2\pi} c_p SV \sum_n \frac{\gamma_n}{R^{2n} - \varepsilon} \left(Z^n + \frac{1}{Z^n} \right), \tag{3}$$

ε étant pris égal à $+1$ ou à -1 suivant que la veine est libre ou guidée. La vitesse induite correspondante, calculée au point de l'envergure $x = \cos\theta$,

s'en déduit

(4) $$v_1 = \varepsilon \frac{c_P SV}{2\pi} \sum_n \frac{n\gamma_n}{R^{2n} - \varepsilon} \frac{\sin n\theta}{\sin\theta}.$$

Le cas d'une répartition de circulation elliptique (séries réduites à leurs premiers termes) est bien connu : comme il est clair sur (3), v_1 est constante le long de l'envergure et l'effet de la limitation de la veine est rigoureusement une variation de l'angle d'attaque, dont il est inutile de rappeler ici l'expression.

Dans le cas général, on est conduit à faire intervenir v_1 par sa valeur moyenne

(5) $$\bar{v}_1 = \int v_1 \Gamma\, dx : \int \Gamma\, dx,$$

c'est-à-dire, d'après (1) et (4),

$$\bar{v}_1 = \varepsilon \frac{c_P SV}{2\pi} \sum_n \frac{n\gamma_n^2}{R^{2n} - \varepsilon},$$

et la variation d'angle d'attaque Δi permettant de passer de la veine à l'air libre pour un même c_P étant mise sous la forme $\Delta i = -c_P S/8S_0 . \delta$ (S surface de l'aile, S_0 aire de la section de la veine), nous aurons le coefficient δ donné par

(6) $$\delta = \varepsilon 4a.b. \sum_n \frac{n\gamma_n^2}{R^{2n} - \varepsilon},$$

série en général assez rapidement convergente (pour une ellipse $a/b = 2$), comme dans les souffleries du Service technique de l'Aéronautique, le coefficient de $n\gamma_n$ est de l'ordre de $1/(3)^n$, et dans les cas symétriques les termes pour n impair interviennent seuls.

Pour passer maintenant à une aile dont l'envergure ne couvre pas tout le segment focal, il suffit d'envisager une aile fictive, couvrant tout ce segment, mais avec une circulation nulle dans les parties qui prolongent l'aile réelle. Cette dernière s'étendant entre les abscisses $\cos\alpha$ et $\cos\beta$, on aura

$$\Gamma = 0 \quad \text{pour} \quad 1 > x > \cos\alpha \quad \text{et} \quad -1 < x < \cos\beta$$
$$\Gamma = \Gamma_1(\theta) \quad \text{(donnée de l'aile vraie)} \quad \text{pour} \quad \cos\beta < x < \cos\alpha.$$

Il faut alors développer la fonction $\Gamma(\theta)$ (impaire) ainsi définie en série trigonométrique $\Sigma_n a_n \sin n\theta$, et pratiquement il suffira des premiers termes. On appliquera ensuite la formule (6), avec $\gamma_n = a_n/a_1$, comme on le vérifiera sans difficulté.

Les expressions $\sin n\theta/\sin\theta$ intervenant dans le développement en série

de $1/1-2\cos\theta T+T^2$ suivant les puissances de la variable auxiliaire T, il est clair que les a_n peuvent aussi être définies par le développement en série de

$$\frac{2}{\pi}\int_{\cos\beta}^{\cos\alpha}\frac{\Gamma_1(x)\,dx}{1+T^2-2xT}=\Sigma a_{n+1}T^n.$$

Soit par exemple une aile à répartition elliptique de circulation occupant le segment $(-l, +l)$, l: demi-envergure, on a à développer $\int_{-1}^{+1}\frac{\sqrt{1-u^2}\,du}{1-2ulT+T^2}$ (dont la valeur est élémentaire) et les a_n sont des polynomes en l, faciles à évaluer. Pour $a/b=2$ et en veine libre, on trouve, tous calculs faits,

$$\delta=\frac{4}{3}+\frac{4}{13}(l^2-1)^2+\frac{20}{363}(l^2-1)^2(2l^2-1)^2+\ldots, \tag{7}$$

formule qui s'accorde avec celles de Rosenhead et que l'on pourrait même, pour les besoins pratiques, réduire à deux termes.

AÉRODYNAMIQUE. — *Sur une méthode de mesure de la résistance exercée par l'air sur un convoi de chemins de fer.* Note (1) de MM. **Albert Métral** et **François Raymond**, transmise par M. Robert Esnault-Pelterie.

Les expériences faites à ce jour sur la résistance globale d'un convoi de chemins de fer et les formules diverses proposées (formules des chemins de fer de l'État, du P.-L.-M., formules de Zossen, Meixner, Strahl, etc.) montrent que la loi parabolique de résistance globale

$$R=A+Bv+Cv^2 \qquad (v=\text{vitesse})$$

convient pratiquement : A est le coefficient des résistances mécaniques, B celui des résistances de frottement et de déformation, C celui de la résistance de l'air. Soit alors un train de masse M, se déplaçant sur une voie rectiligne, horizontale, à la vitesse v_0 : à un instant que l'on prend comme instant initial, le mécanicien coupe la vapeur et fait fonctionner les cylindres moteurs en by-pass : la loi du mouvement est alors, λM étant la masse d'inertie du train ($\lambda=1,1$ en moyenne)

$$\lambda M\frac{d^2x}{dt^2}=-\left[A+B\frac{dx}{dt}+C\left(\frac{dx}{dt}\right)^2\right]. \tag{1}$$

(1) Séance du 1er mars 1937.

D'où

$$t = -\lambda M \int_{v_0}^{v_1} \frac{dv}{A + Bv + Cv^2}. \tag{2}$$

A, B, C sont positifs et l'expérience montre qu'il en est de même de

$$\Delta = \frac{4AC - B^2}{4C^2},$$

donc

$$t = -\frac{\lambda M}{C\sqrt{\Delta}} \left| \text{arc tang} \frac{z}{\sqrt{\Delta}} \right|_{z_0}^{z_1} \qquad \left(z = v + \frac{B}{2C} \right). \tag{3}$$

Soit encore

$$\frac{C\sqrt{\Delta}}{\lambda M} t = \text{arc tang} \frac{z_0 - z_1}{\Delta + z_0 z_1} \sqrt{\Delta}. \tag{4}$$

L'utilisation d'une formule habituelle des chemins de fer indique que l'erreur relative commise en négligeant le second terme du développement du second membre est inférieure à 0,3 pour 100. On déduit alors de (4)

$$C = \frac{\lambda M}{t} \frac{v_0 - v_1}{v_0 v_1} - \frac{A}{v_0 v_1} - \frac{B(v_0 + v_1)}{2 v_0 v_1} = C_1 + C_2 + C_3, \tag{5}$$

qui donne la valeur du coefficient C correspondant à la résistance de l'air. On conçoit que cette formule puisse être à la base d'une méthode de mesure de C : les expériences sont simples à réaliser, et les mesures à faire se bornent à celles des vitesses et des temps. Il sera nécessaire de tenir compte de la circulation de l'atmosphère, et préférable d'opérer par temps calme. Par ailleurs le degré de précision que l'on peut atteindre est en fait très supérieur à celui des méthodes utilisées à ce jour. On a, en effet, négligeant l'erreur sur λM,

$$\left\{ \begin{aligned} \frac{\Delta C_1}{C_1} &= \frac{\Delta t}{t} + \frac{v_0 + v_1}{v_0 - v_1} \frac{\Delta v}{v} \\ \frac{\Delta C_2}{C_2} &= \frac{\Delta A}{A} + 2\frac{\Delta v}{v} \\ \frac{\Delta C_3}{C_3} &= \frac{\Delta B}{B} + \frac{\Delta v}{v} \end{aligned} \right\} \text{ en supposant } \frac{\Delta v_0}{v_0} = \frac{\Delta v_1}{v_1}. \tag{6}$$

En admettant des erreurs de mesure sur les vitesses de 0,5 pour 100 et sur les temps de 1 pour 100, l'étude des formules (6) montre la faible importance sur la détermination de C des erreurs que l'on peut commettre quant à l'évaluation de A et B. Un exemple numérique indique qu'une erreur de 10 pour 100 sur B ou A n'affecte C que d'erreurs respectivement

égales à 0,5 pour 100 et 1,4 pour 100. *La méthode conduit en définitive à des déterminations de* C *précises à plus de 7 pour* 100 *près.*

Par ailleurs, cette méthode paraît être celle qui permet la meilleure détermination en ligne des gains dus à des modifications de forme des véhicules, diminuant la résistance opposée par l'air. Les méthodes actuelles sont déficientes pour mettre en évidence des gains sur C de l'ordre de 10 pour 100. Supposons les essais effectués dans des conditions aussi identiques que possibles, sur une même section de voie, avec le train initial et le train modifié. Les deux expériences étant réalisées avec les mêmes valeurs v_0 et v_1, le gain est

$$G = \lambda M \frac{v_0 - v_1}{v_0 v_1} \frac{t_2 - t_1}{t_1 t_2}, \tag{7}$$

d'où une erreur

$$\frac{\Delta G}{G} = \frac{v_0 + v_1}{v_0 - v_1} \frac{\Delta v}{v} + \frac{t_2 + t_1}{t_2 - t_1} \frac{\Delta t}{t}. \tag{8}$$

Des applications numériques montrent que, si G/C est égal à 10 pour 100, la méthode proposée permet de dire que le gain est compris entre 8 et 12 pour 100; on peut donc le mettre en évidence.

ASTROPHYSIQUE. — *L'azote dans les spectres cométaires.* Note de M. Jean Dufay, présentée par M. Charles Fabry.

1. La présence bien connue des bandes de CN dans le spectre des comètes conduit à y rechercher celle des bandes de l'azote. Jusqu'à présent seules les bandes les plus intenses de la molécule ionisée y ont été caractérisées avec certitude, accompagnant les bandes de CO^+ dans le spectre des queues (¹).

J'ai repris la recherche de l'azote sur les clichés obtenus sur la comète Peltier par M. Ellsworth, Mlle Bloch et moi-même.

2. N_2^+. — Dans le spectre de la tête, où se trouvent aussi les bandes de CO^+, on peut attribuer au système négatif les radiations suivantes dont la plupart sont bien dégradées vers le violet :

0 → 0.	3916,0 (5) P	1 → 2.	4238,3 (3)	2 → 4.	4600,3 (3)
	3903,4 (2) R	1 → 3.	4652,6 (4)	3 → 3.	3836,9 (2,5)
0 → 1.	4279,8 (4) P	2 → 2.	3858,7 (2,5)	4 → 4.	3819,7 (3)
	4267,9 (3) R	2 → 3.	4201,5 (5)		

(¹) Le deuxième système positif de N_2 et le système β de NO étaient peut-être représentés dans la comète de Halley (N. Bobrovnikoff, *Publications of the Lick Observatory*, **17**, 1931, p. 444).

Les lacunes s'expliquent par la superposition des bandes de C^2, CN et CO^+. La bande 4201,5, dont l'intensité semble anormale, peut aussi être rapprochée du deuxième système positif de N^2 et du système β de NO.

3. N_2, *premier et deuxième systèmes positifs.* — L'étude des régions verte et rouge du spectre n'a pas établi la présence du premier système positif. Quelques faibles radiations bleues et violettes paraissent appartenir au deuxième système :

0 → 2. 3803,8 (3)	0 → 4. 4345,5 (3)	1 → 6. 4574,1 (3)
0 → 3. 4058,2 (3,5)	1 → 4. 3939,5 (8)	2 → 5. 3943,1 (2)

4. N_2, *bandes de Vegard-Kaplan.* — Le tableau ci-dessous donne, calculées par la formule de Herzberg légèrement modifiée ([2]), les longueurs d'onde des bandes de Vegard-Kaplan et, en regard, celles des radiations correspondantes observées : 1° dans le spectre du ciel nocturne (Cabannes et Dufay); 2° dans la comète Peltier; 3° dans les noyaux des anciennes comètes, d'après Baldet ([3]).

	λ calculés.	Ciel nocturne.	Comète Peltier.	Noyaux.
6 → 15......	3844,2	–	3843,1 (3)	–
3 → 15......	3856,4	3857,0 (2)	[CN]	–
0 → 11......	3889,0	3889,5 (3,5)	3887,8*	3890
7 → 16......	3939,9	3939,2 (0,5)	3938,2 (2)	–
4 → 14......	3948,7	3948,9 (4,5)	3946,6 (5)	–
1 → 12......	3978,8	3980,7 (3,5)	3977,3 (4)	3974,8
5 → 15......	4045,4	4046,2 (3,5)	4045,3 (5)	–
2 → 13......	4072,7	[4073,5] (4,5)	4071,9*(4)	–
6 → 16......	4146,7	[4144,2] (6)	4146,1* (3)	–
3 → 14......	4171,0	4171,5 (13,5)	4171,9*(4)	–
0 → 12......	4219,4	4219,7 (4)	4219,0*(2)	–
7 → 17......	4253,1	4251,8 (4,5)	[CO^+]	–
4 → 15......	4273,9	[N_2^+]	[CO^+, N_2^+]	–
1 → 13......	4319,9	4321,7 (5)	4319,6 (3,5)	4316,4
5 → 16......	4381,8	4384,6 (2,5)	[C_2]	–
2 → 14......	4425,2	4424,4 (9)	4422,8 (5)	4421
6 → 17......	4495,0	4493,4 (3,5)	4493,9 (3)	4493
3 → 15......	4535,4	4536,4 (6)	4534,1*(3,5)	–
0 → 13......	4605,0	4607,4 (1)	[CN]	–

([2]) J. CABANNES et J. DUFAY, *Comptes rendus du 68e Congrès des Sociétés savantes*, Paris, 1935, p. 66.

([3]) F. BALDET, *Thèse*, Paris, 1926, p. 58. Ces radiations n'appartiennent probablement pas au système dans lequel on a signalé des régularités (J. CABANNES et J. DUFAY, *Comptes rendus*, 203, 1936, p. 903).

	λ calculés.	Ciel nocturne.	Comète Peltier.	Noyaux.
7 → 18......	4614,2	[4615,8] (4,5)	4613,9 (3,5)	4614
4 → 16......	4651,1	4655,4 (3,5)	4649,1 (3)	4645,6
1 → 14......	4718,5	4718,8 (4,5)	4719,0 (3)	4720
5 → 17......	4772,5	–	4770,0 (3)	4771,9
2 → 15......	4837,6	4837,8 (8,5)	4836,2*(2,5)	–
3 → 16......	4962,5	4962,0 (2)	4961,8 (4(	4962,5

(Les radiations du ciel nocturne, écrites entre crochets, n'appartiennent sans doute pas au système.)

Dans le spectre de la comète, l'observation de beaucoup de radiations, et particulièrement de celles qui sont marquées d'un astérisque, est gênée par le voisinage soit de bandes de CO^+ ou CN, soit de radiations intenses caractéristiques du noyau. Celles qui paraissent avoir été observées dans les comètes précédentes sont en général les plus faciles à isoler.

5. NO. Malgré quelques coïncidences précises, notamment

3947,6-3964,0 (2 → 13), 4480,3-4497,2 (2 → 15), 4574,1-4589,6 (3 → 16),

de trop nombreuses superpositions empêchent d'établir nettement la présence du système β.

6. On voit actuellement dans les bandes brillantes des comètes des spectres de résonance et de fluorescence excités par la lumière solaire ([4]). Toutes les transitions observées admettent en effet comme état final le niveau fondamental des molécules (neutres ou ionisées) ([5]). Les bandes de Vegard-Kaplan ne font pas exception à cette règle (non plus que les bandes β de NO) et leur émission, théoriquement beaucoup plus probable que celle des bandes du premier et du deuxième système positif, peut se faire d'après le mécanisme suivant : les molécules neutres d'azote seraient portées au niveau métastable A, correspondant à l'excitation la plus faible connue, par absorption du rayonnement solaire ultraviolet (λ voisin de 2000 Å); de là, par suite de la rareté des chocs, elles finiraient par retomber sur le niveau normal X en émettant les bandes interdites de Vegard-Kaplan.

Un rayonnement de bien plus courte longueur d'onde (λ voisin de 600 Å) est nécessaire pour ioniser la molécule d'azote et la porter au niveau B'. Elle émet les bandes négatives en retombant sur le niveau X', mais n'a plus aucune chance de récupérer un électron.

([4]) H. Zanstra, *Monthly Notices*, 89, 1928, p. 178.
([5]) K. Wurm et R. Mecke, *Zeitschrift für Astrophysik*, 8, 1934, p. 97.

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *Sur les équations du photon.* Note de M. **Jean Roubaud-Valette**, présentée par M. Louis de Broglie.

Nous utiliserons, dans le présent travail, un système de nombres hypercomplexes, dérivés des nombres de Clifford, séparant les grandeurs fondamentales : longueur, temps et précisant les trois directions de l'espace.

Prenons Γ_1, Γ_2 tels

$$\Gamma_1^2 = \Gamma_2^2 = 1 \quad \text{et} \quad \Gamma_1\Gamma_2 = -\Gamma_2\Gamma_1 = \Gamma,$$

et I, J, K tels

$$I^2 = J^2 = K^2 = -1, \quad IJ = -JI = K, \quad \ldots.$$

Les Γ_l et les I, J, K commutent $\Gamma_l I = I\Gamma_l$, ... Le nombre général est

$$N = a_0 + \Gamma_1(Ia_1 + Ja_2 + Ka_3) + \Gamma_2(b) + \Gamma(c),$$

a_0 est un scalaire, $(\overrightarrow{a_1, a_2, a_3})$ un vecteur, b une composante de temps, c un invariant d'espace temps. Ce type de nombre obéit bien aux transformations de Lorentz qui s'expriment, pour une translation le long de Ox, par

$$\Gamma_1 I = \frac{\Gamma'_1 I + \beta F'_2}{\sqrt{1-\beta^2}}, \qquad \Gamma_2 = \frac{F'_1\beta I + \Gamma'_2}{\sqrt{1-\beta^2}}, \qquad \Gamma_1\Gamma_2 = F'_1 F'_2,$$

de plus

$$ds = \Gamma_1(I\,dx + J\,dy + K\,dz) + \Gamma_2(c\,dt),$$

d'où

$$ds^2 = c^2\,dt^2 - (dx^2 + dy^2 + dz^2).$$

Prenons pour définir le photon : quatre fonctions d'onde de même phase : A_x, A_y, A_z, V, obéissant chacune à une équation de Gordon. Au nombre

$$N = \Gamma_1(IA_x + JA_y + KA_z) + \Gamma_2(-V),$$

appliquons l'opérateur

$$OP = \Gamma_1(IP_1 + JP_2 + KP_3) + \Gamma_2 P_4 + \Gamma m_0 c \qquad \text{avec} \qquad P_i = -\frac{h}{2\pi i}\frac{\partial}{\partial x_i}.$$

La raison pour laquelle nous écrivons $m_0 c$ comme dernière composante de l'opérateur est que, pour un espace à cinq dimensions, la grandeur conjuguée de la cinquième variable : ξ est le produit $m_0 c$. Or

$$-\frac{h}{2\pi i}\frac{\partial}{\partial\xi}A_l = m_0 c A_l \qquad \text{(cas des ondes planes).}$$

Nous avons

$$\mathrm{OP} \equiv 1\left[\alpha\left(\mathrm{Div}\,\mathrm{A} + \frac{1}{c}\frac{\partial \mathrm{V}}{\partial t}\right) + \alpha \mathrm{I}\left(\frac{\partial \mathrm{A}_z}{\partial y} - \frac{\partial \mathrm{A}_y}{\partial z}\right) + \ldots\right]$$
$$+ \Gamma_1(-m_0 c \mathrm{V}) + \Gamma_2(-\mathrm{I} m_0 c \mathrm{A}_x - \mathrm{J} m_0 c \mathrm{A}_y - \mathrm{K} m_0 c \mathrm{A}_z)$$
$$+ \Gamma\left[\mathrm{I}\alpha\left(-\frac{\partial \mathrm{A}_x}{c\,\partial t} - \frac{\partial \mathrm{V}}{\partial x}\right) + \ldots\right]$$

en posant $\alpha = -h/2\pi i$.

En écrivant les fonctions d'onde dérivées $\mathrm{A}_{ij} \equiv -h/2\pi i . \partial \mathrm{A}_j/\partial x_i$, et en posant $-h/2\pi i . \mathrm{H}_x = \Delta_{23} - \Delta_{32} - \ldots$, on obtient

$$\mathrm{OP} \equiv 1\alpha[\mathrm{I}\mathrm{H}_x + \mathrm{J}\mathrm{H}_y + \mathrm{K}\mathrm{H}_z] + \Gamma_1(m_0 \mathrm{V}) + \Gamma_2[-\Gamma m_0 \mathrm{A}_x - \ldots]$$
$$+ \Gamma\alpha[\mathrm{I} h_x + \mathrm{J} h_y + \mathrm{K} h_z].$$

Nous voyons que nous obtenons des opérateurs h et H correspondant à des grandeurs ayant les symétries des champs électriques et magnétiques que nous pouvons prendre comme représentation des champs liés au photon.

En itérant $\mathrm{OP}(\mathrm{OP\,N}) \equiv (\mathrm{OP})^2\mathrm{N}$. Or $(\mathrm{OP})^2\mathrm{N} \equiv \square\, \mathrm{N} - 4\mathrm{N}^2/k^2 . m_0^2 c^2 \mathrm{N}$, d'où $(\mathrm{OP})^2\mathrm{N}$ est nul; car chacune des composantes A_i, V obéit, par hypothèse, à une équation de Gordon.

En développant $\mathrm{OP}(\mathrm{OP\,N}) = 0$, nous obtenons, en séparant les composantes,

$$(1)\quad \begin{cases} \mathrm{Div}\,\vec{\mathrm{H}} = 0; \quad \mathrm{Div}\,\vec{h} = -\dfrac{4\pi^2}{h^2} m_0^2 c^2 \mathrm{V}, \\ \mathrm{Rot}\,\vec{\mathrm{H}} = \dfrac{1}{c}\dfrac{\partial \vec{h}}{\partial t} - \dfrac{4\pi^2}{h^2}\vec{\mathrm{A}} m_0^2 c^2, \qquad \mathrm{Rot}\,\vec{h} = -\dfrac{1}{c}\dfrac{\partial \vec{\mathrm{H}}}{\partial t}, \end{cases}$$

qui donnent

$$\square\,\vec{\mathrm{H}} = \frac{4\pi^2}{h^2} m_0^2 c^2 \vec{\mathrm{H}} \qquad \text{et} \qquad \square\,\vec{h} = \frac{4\pi^2}{h^2} m_0^2 c^2 \vec{h}.$$

Les équations (1) sont identiques à celles trouvées par M. Louis de Broglie pour le photon ([1]). Ce sont d'ailleurs les seules linéarisations de l'équation des ondes du deuxième ordre lorsqu'on utilise des vecteurs comme composantes d'ondes.

Revenons aux A_{ij}; ce sont des fonctions simples des Φ_{kl} du photon de M. de Broglie ([1]) comme on le voit en écrivant

$$\mathrm{A}_{ij} = k[\Phi(i-l)_j - \Phi i(\mathrm{J} - l)].$$

On retrouve alors pour h_m et H_l les valeurs données par M. de Broglie ([1]).

([1]) *Nouvelles recherches sur la lumière*, 1936.

Exemple :

$$-\frac{h}{2\pi i}h_y = \Lambda_{42} - \Lambda_{24} = k[\Phi_{23} + \Phi_{32} - \Phi_{41} - \Phi_{14}],$$

k est une constante de multiplication.

Pour montrer l'équivalence complète avec la méthode de M. de Broglie, nous écrirons

$$\Lambda_{ij} = k[\Psi_{(i-l)}\varphi_j - \Psi_i\varphi_{(j-l)}],$$

ce qui revient, suivant la méthode de Van der Waerden, à décomposer le vecteur Λ_{ij} en deux spineurs Ψ et φ, en tout, $4\Psi_i$ et $4\varphi_j$. On a $\Phi_{kl} \equiv \Psi_k\varphi_l$, nous voyons que nous obtenons les Ψ_i solutions de l'équation de Dirac et les φ_k solution de l'équation conjuguée; ce sont les seules solutions de l'équation du second ordre à l'aide de spineurs. Nous voyons ainsi l'équivalence des deux types de solution par 6 vecteurs et deux fois 4 spineurs.

Nous voyons, de plus, que l'on peut obtenir les équations du photon en considérant seulement sa masse et les potentiels donnant le champ électromagnétique par lequel il se manifeste sans faire d'hypothèse sur les charges de ses constituants et leurs natures. Ce peuvent être par suite un *neutrino et un anti-neutrino* intimement unis.

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *Mécanique quantique et dernier multiplicateur au sens de Jacobi.* Note de M. **René Dugas**, présentée par M. Louis de Broglie.

1. Considérons, avec Poincaré [1], un système différentiel

$$\frac{dx_k}{dt} = X_k(x_1, \ldots, x_n).$$

Soit $W\,d\tau$ la probabilité de présence du point représentatif de l'état du système dans un volume élémentaire $d\tau$ de l'espace (x_k). La probabilité de présence $\int\cdots\int W\,d\tau$ de ce point dans un volume de l'espace (x_k) sera indépendante du temps si

$$\sum_k \frac{\partial(WX_k)}{\partial x_k} = 0, \tag{1}$$

[1] *Journal de Physique*, 5e série, 2, janvier 1912, p. 1; *Société française de Physique*, Paris, 1913, 2, p. 357.

c'est-à-dire si W est un dernier multiplicateur du système différentiel considéré.

2. Pour les équations canoniques d'Hamilton en mécanique classique, le résultat connu $W = 1$, directement lié (suivant J. H. Jeans) au théorème de Liouville, traduit une homogénéité complète des possibilités de localisation du point représentatif de l'état du système dans l'espace d'*extension en phase* (q_k, p_k).

3. En mécanique quantique, les équations du mouvement

$$(2) \qquad \frac{ih}{2\pi}\frac{dq_k}{dt} = q_k H - H q_k, \qquad \frac{ih}{2\pi}\frac{dp_k}{dt} = p_k H - H p_k$$

s'identifient aux équations canoniques d'Hamilton grâce aux définitions

$$(3) \qquad \frac{ih}{2\pi}\frac{\partial H}{\partial p_k} = q_k H - H q_k, \qquad \frac{ih}{2\pi}\frac{\partial H}{\partial q_k} = H p_k - p_k H.$$

Devant cette identité de forme, il ne serait pas absurde *a priori* de se demander si ces équations admettent encore l'unité comme dernier multiplicateur au sens de Jacobi.

Mais, avec l'interprétation ci-dessus (§ 2), il devient évident que le résultat $W = 1$ ne peut s'étendre à la mécanique quantique. En vertu de la définition même des états quantiques par une fonction Ψ, c'est seulement dans un élément $d\sigma$ de l'espace de *configuration* (q_k) que peut se définir la probabilité de présence $\Psi\Psi^* d\sigma$ du point représentatif de l'état d'un système. L'intégrale $\int\cdots\int \Psi\Psi^* d\sigma$ étendue à tout cet espace est invariante par rapport au temps. L'équation

$$(4) \qquad \frac{\partial(\Psi\Psi^*)}{\partial t} + \sum_k \frac{\partial}{\partial q_k}(\Psi\Psi^* \Xi_k) = 0,$$

qui traduit cette invariance montre que $\Psi\Psi^*$ est un dernier multiplicateur, au sens de Jacobi, du système

$$(5) \qquad \frac{dq_k}{dt} = \Xi_k(q_1, \ldots, q_{3N}, t) = \frac{ih}{4\pi m_l}\,\frac{\Psi\dfrac{\partial\Psi^*}{\partial q_k} - \Psi^*\dfrac{\partial\Psi}{\partial q_k}}{\Psi\Psi^*} \qquad \begin{pmatrix} k = 1, 2, \ldots, 3N \\ l = 1, 2, \ldots, N \end{pmatrix}.$$

Ce qui précède permet de rapprocher les interprétations *probabilistes* des mécaniques classique et quantique ou, si l'on veut, de comparer les caractères de leur *légalité* à partir, respectivement, des conditions initiales (p_k^0, q_k^0) et Ψ_0. Le système (5) joue en mécanique quantique, *devant*

la théorie du dernier multiplicateur, le rôle des équations d'Hamilton en mécanique ordinaire. Il entraîne

$$(6)\quad \text{Val. moy.}\left(\frac{dq_k}{dt}\right)=\int\ldots\int\frac{dq_k}{dt}\Psi\Psi^{*}\cdot d\sigma=\frac{ih}{4\pi m_l}\int\ldots\int\left(\Psi\frac{\partial\Psi^{*}}{\partial q_k}-\frac{\partial\Psi}{\partial q_k}\Psi^{*}\right)d\sigma.$$

Une nouvelle dérivation, tenant compte de l'équation des ondes, donnerait le théorème d'Ehrenfest (raccordement statistique aux équations classiques du mouvement $m_l d^2 q_k/dt = \partial U/\partial q_k$).

4. Poincaré, dès la théorie qu'il avait donnée du choc entre électrons libres et résonateurs de Planck, avait prévu, si l'on devait s'écarter de la loi d'équipartition de l'énergie, que la propriété classique $W = 1$ du dernier multiplicateur au sens de Jacobi ne pouvait subsister. Mais il considérait comme nécessaire que les équations différentielles traduisant l'évolution d'un système physique eussent encore un dernier multiplicateur *uniforme*.

Cette singularité et cette régularité se retrouvent donc en mécanique quantique, comme conséquence directe de l'équation des ondes et des conditions imposées aux fonctions Ψ. Toutefois, distinction essentielle, l'état quantique et le système (5) se situent dans l'espace de configuration, alors que Poincaré définissait, à la manière classique, l'état d'un système mécanique dans l'extension en phase.

ACOUSTIQUE. — *Sur le rendement ultrasonore des quartz piézoélectriques.* Note [1] de M. **Ernest Baumgardt**, présentée par M. Paul Langevin.

M. Paul Langevin [2], en traitant le problème de l'émission des ondes ultrasonores par les quartz piézoélectriques, a calculé le rendement ultrasonore de ces derniers.

J'ai étudié expérimentalement plusieurs cas du rendement ultrasonore de deux disques de quartz. La méthode de mesure se base sur le phénomène, signalé par M. Paul Langevin [3], que les ultrasons exercent une

---

(1) Séance du 1er mars 1937.

(2) *In* P. Biquard, *Revue d'Acoustique*, 1, 1932, p. 97 et 105.

(3) *Ibid.*, 3, 1934, p. 120.

pression de radiation sur un obstacle interposé dans leur chemin. La figure 1 montre le dispositif de mesure, déjà signalé récemment ([4]).

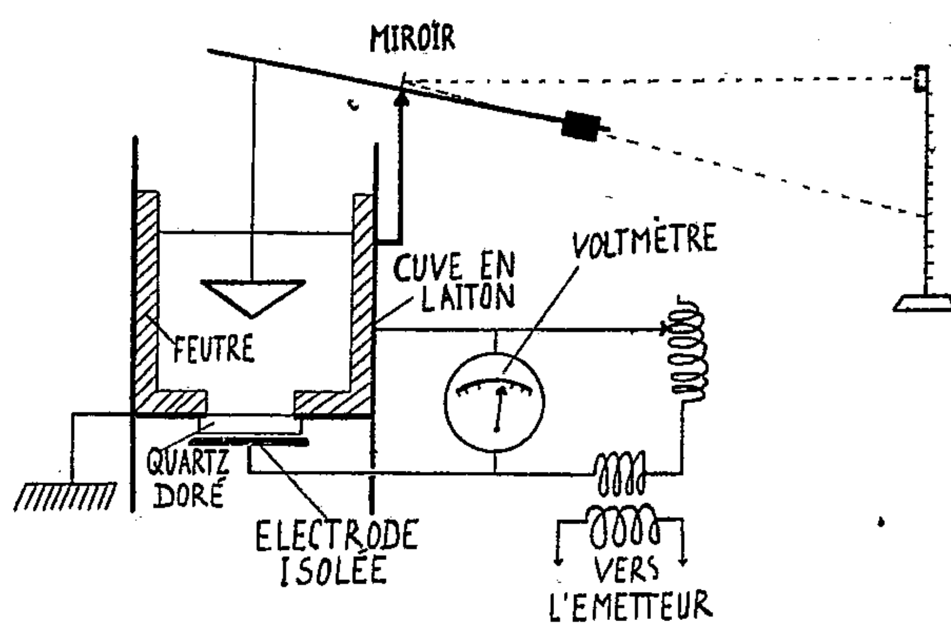


Fig. 1.

La pression p, exercée sur 1^{cm^2} d'un obstacle opaque, est

$$p = \frac{2P}{V_0}\cos^2\Theta, \tag{1}$$

P étant la puissance ultrasonore émise dans le liquide par centimètre cube de la surface du quartz, V_0 la vitesse de propagation des ultrasons dans ce liquide et Θ l'angle d'incidence des ultrasons. Quand une face de quartz seulement est plongée dans le liquide, l'autre restant en contact avec l'air, on a

$$P = \frac{1}{2}\omega^2\rho_0 V_0 a^2 \frac{1}{10^7}. \tag{2}$$

Dans cette relation, P est calculé en watts, ω étant 2π fois la fréquence ultrasonore, ρ_0 et V_0 resp. la densité du liquide et la vitesse de propagation des ultrasons dans ce milieu et a l'amplitude de vibration de la face du quartz en contact avec le liquide, l'autre face restant immobile. Cette amplitude est

$$a = \frac{\rho_1 V_1}{\rho_0 V_0}\,\frac{2\delta E_{eff.}}{(2n+1)\pi.300}, \tag{3}$$

où $E_{eff.}$ est la tension efficace aux bornes du quartz, exprimée en volt, δ le module piézoélectrique du quartz, ρ_1 et V_1 respectivement la densité du quartz et la vitesse de propagation des ultrasons dans le quartz et $2n+1$

([4]) E. Baumgardt, *Comptes rendus*, 204, 1937, p. 416.

(n : 0, 1, 2, ...) un nombre désignant le mode de vibration du quartz (fondamental ou harmonique impair).

La figure 2 montre la courbe de résonance d'un quartz, autour de la

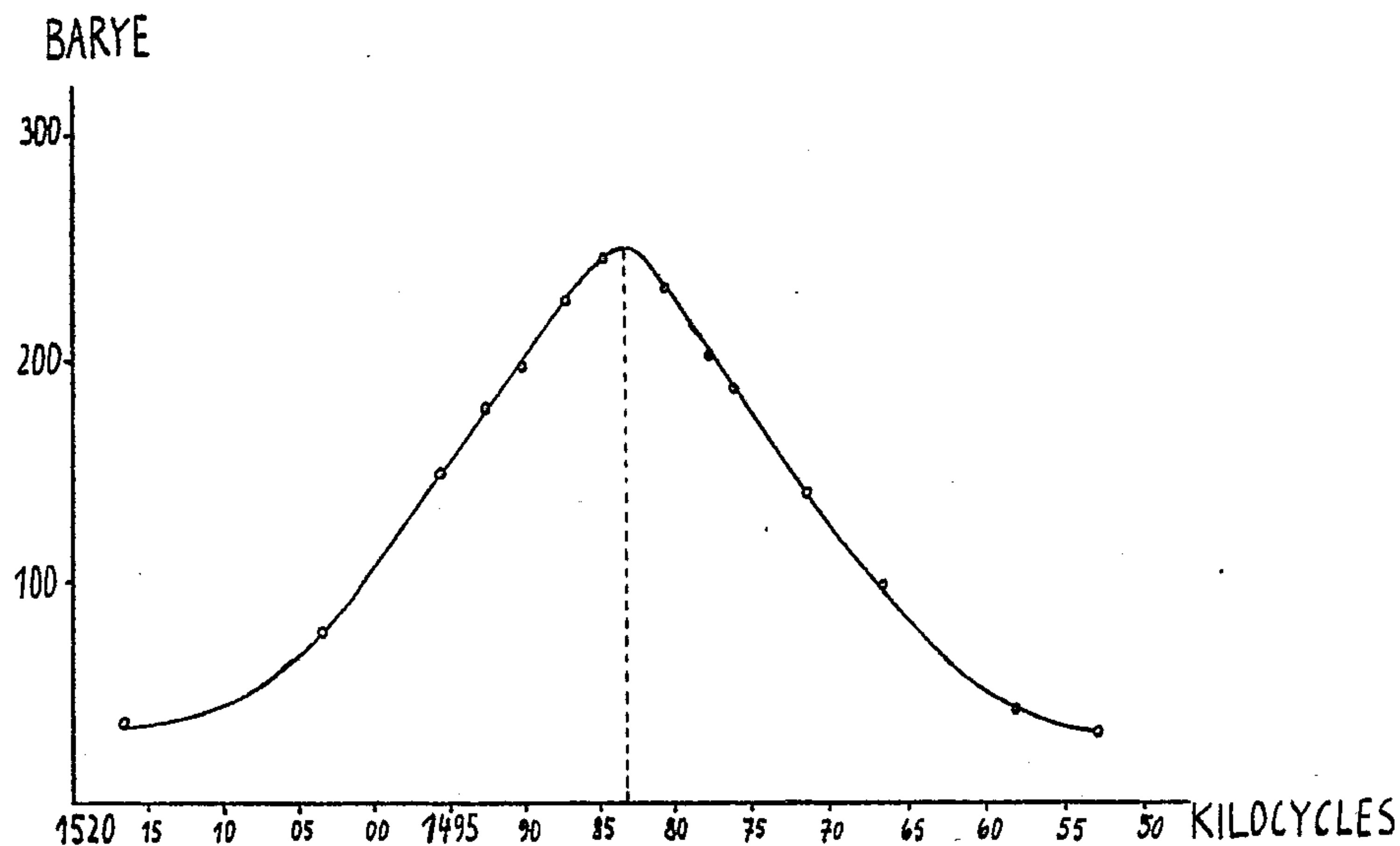


Fig. 2.

fréquence correspondant à son cinquième harmonique, le fondamental étant compté comme premier harmonique. Toutes les courbes obtenues ont la même allure. D'après (1), on peut calculer P en tenant compte de l'absorption des ultrasons dans la tranche du liquide limitée par le quartz et la zône moyenne du cône. Après leur réflexion par le cône rempli d'air, donc opaque aux ultrasons, ceux-ci sont absorbés 100 pour 100 par les parois feutrées de la cuve. La tension efficace E′ aux électrodes du quartz est lue sur l'échelle d'un électromètre Abraham-Villard. Dans le domaine exploré (entre 2000 et 4000 volts), la puissance ultrasonore est rigoureusement proportionnelle au carré de la tension. Une des électrodes étant séparée du quartz par une couche d'air de l'épaiseur d', l'épaisseur de la lame étant d, la chute de tension E dans le quartz même est donnée par

$$E = \frac{E'}{1 + \varepsilon \frac{d'}{d}}, \tag{4}$$

ε étant la constante diélectrique du quartz.

Dans le tableau ci-après, on oppose les valeurs mesurées de la puissance

émise par unité de tension et de surface aux valeurs calculées d'après (2) et (3). Pour le fondamental et le troisième harmonique, théorie et expérience sont en accord assez satisfaisant. A la vibration sur son troisième harmonique, le rendement des quartz diminue déjà considérablement.

Harmonique.	Liquide.	T.	Watt/cm².Volt (mesuré).	Watt/cm².Volt (calculé).
1 ($8,305.10^5$)..........	H^2O	19°,5	$3,59.10^{-7}$	$3,77.10^{-7}$
3 ($8,907.10^5$)..........	C^6H^6	20,5	$3,67.10^{-8}$	$6,21.10^{-8}$
»	$C^6H^5(CH^3)$	20,5	$3,96.10^{-8}$	$6,23.10^{-8}$
5 ($1,483.10^6$)..........	C^6H^6	20	$2,88.10^{-8}$	$6,21.10^{-8}$
»	$C^6H^5(CH^3)$	20	$3,08.10^{-8}$	$6,23.10^{-8}$

Comme on le sait, *grosso modo*, par des expériences multiples, cette allure s'accentue vers les harmoniques plus élevés.

L'erreur maximum des valeurs expérimentales est évaluée à 10 pour 100.

THERMODYNAMIQUE. — *Expériences sur l'échelle thermodynamique de température au-dessous de* 1°K. Note (¹) de MM. **Nicolas Kürti**, **Paul Lainé** et **Franz Simon**, présentée par M. Aimé Cotton.

La détermination des *températures absolues* atteintes par la méthode de désaimantation adiabatique présente, en dehors de son intérêt propre, un intérêt essentiel pour l'explication théorique des propriétés des sels employés. En utilisant l'électroaimant de Bellevue, nous avons pu étendre à des températures plus basses une détermination préliminaire de l'échelle absolue à des températures inférieures à 1°K (²). Les mesures ont été faites avec l'ellipsoïde d'alun de fer ammoniacal qui nous a servi dans l'étude du ferromagnétisme de ce sel (³).

D'après le second principe de la thermodynamique, on peut déterminer la température absolue T (⁴), correspondant à une température T^* d'une échelle arbitraire quelconque si l'on connaît : 1° la différence d'entropie dS de la substance entre T^* et $T^* + dT^*$, 2° la différence de chaleur totale Q

(¹) Séance du 1er mars 1937.

(²) N. Kürti et F. Simon, *Proc. Roy. Soc.*, 152, 1935, p. 53; W. F. Giauque et D. P. Mac Dougall, *Phys. Rev.*, 47, 1935, p. 885.

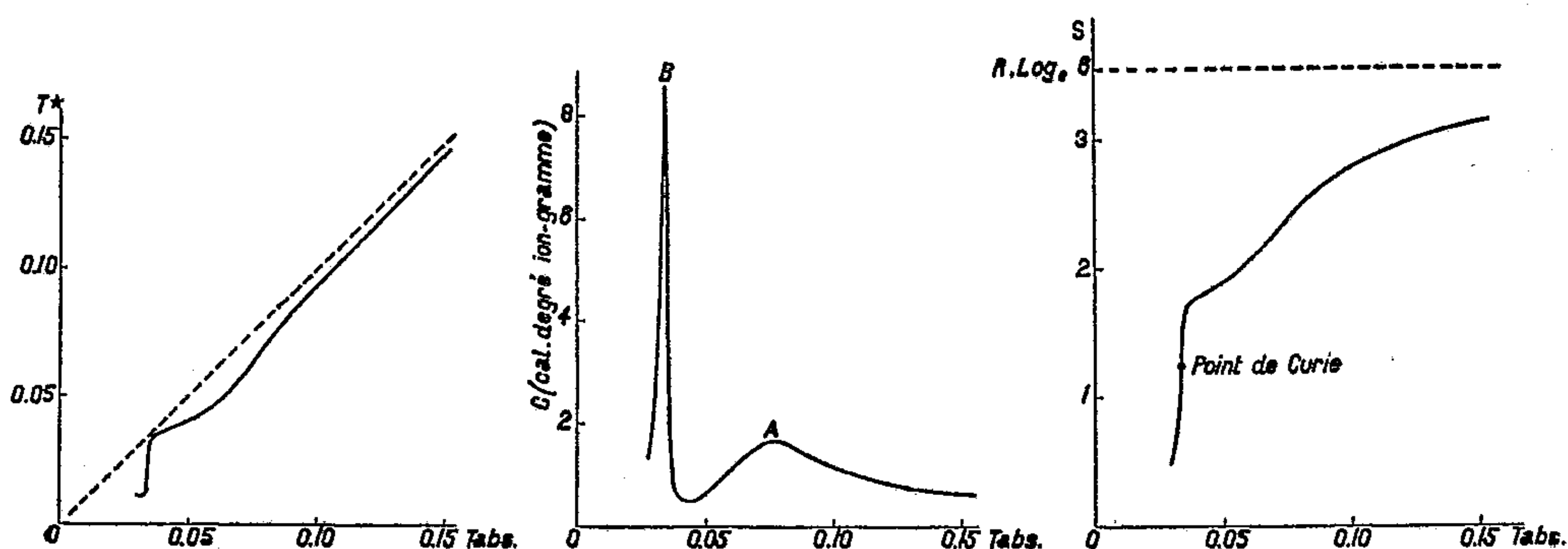
(³) N. Kürti, P. Lainé et F. Simon, *Comptes rendus*, 204, 1937, p. 675.

(⁴) Lord Kelvin, *Phil. Mag.*, 33, 1848, p. 313; *Trans. Roy. Soc. Edin.*, 21, 1854, p. 125.

entre les mêmes températures. Quand on a déterminé les variations de S et de Q en fonction de T^*, on peut calculer la température absolue $T = (\partial Q/\partial T^*)_H/(\partial S/\partial T^*)_H$.

Détermination de la variation de S *en fonction de* T^*. — Nous avons effectué, à partir d'une température connue dans l'échelle absolue (environ 1°K), et de différentes valeurs du champ, une série de désaimantations jusqu'à une valeur finale du champ voisine de zéro (1,5 gauss), et nous avons mesuré les températures T^* (5) atteintes. Comme les désaimantations sont isentropiques, la variation de S en fonction de T^* découle directement de sa variation en fonction des champs initiaux correspondants. Cette dernière variation a été calculée à l'aide de la courbe d'aimantation théorique de Langevin-Brillouin. Nous avons, de plus, à titre de contrôle, mesuré une série de chaleurs d'aimantation isotherme à 1°K et trouvé qu'aux erreurs expérimentales près, les variations d'entropie correspondantes sont bien en accord avec la théorie.

Détermination de la variation de Q *en fonction de* T^*. — Nous avons chauffé l'échantillon avec un flux de chaleur constant (rayons γ) et mesuré la variation de T^* en fonction du temps. La variation de Q obtenue ainsi n'est connue qu'à un facteur près. Nous avons déterminé ce facteur de manière qu'aux températures élevées T^* soit égal à T. Nous estimons l'incertitude qu'entraîne cette détermination à environ 10 pour 100.



La courbe donnant T^* *en fonction de* T est représentée dans la figure I. Nous signalerons ici seulement, comme particulièrement intéressante, la diminution rapide de T^* ou encore l'augmentation rapide de la suscepti-

---

(5) Pour la définition des T^*, voir la Note antérieure (3). Le choix d'une échelle T^* rationnelle sera discuté prochainement ailleurs.

bilité vers 0°,03₄ K. La relation entre T* et T permet de calculer les variations de la chaleur spécifique et de l'entropie en fonction de la température absolue.

Dans la *courbe de chaleur spécifique* (*fig.* 2), nous retrouvons les deux anomalies distinctes déjà constatées sur la courbe en C*, T* d'une publication antérieure [2] : celle observée aux températures les plus hautes (A), présentant un maximum de 1,7 cal/degré, ion-gramme à $0°,07_5$ K, que nous avons attribuée à l'action du champ électrique du réseau, et celle observée aux températures les plus basses (B), présentant un maximum aigu d'environ 20 cal/degré, ion-gramme à $0°,03_4$ K.

A l'aide de la *courbe d'entropie* (*fig.* 3) nous pouvons déterminer les diminutions d'entropie qui correspondent aux deux anomalies de la chaleur spécifique et justifier ainsi l'explication que nous en avons donnée : L'extrapolation de la diminution d'entropie correspondant à l'anomalie (A) montre que, en accord avec un théorème de Kramers [6], le champ électrique seul laisserait subsister au zéro absolu une entropie d'environ $1,4 \sim R.\mathrm{Log}_e 2$, c'est-à-dire une double dégénérescence qui, d'après Kramers, ne peut être supprimée que par une interaction directe des ions magnétiques.

L'ensemble de nos expériences met en évidence trois faits indépendants qui montrent que cette interaction engendre un ferromagnétisme avec ses caractères habituels : 1° l'anomalie (B) des chaleurs spécifiques, qui est semblable à celles que présentent les substances ferromagnétiques à leurs points de Curie; 2° le magnétisme rémanent [3] qui disparaît précisément à la température du maximum de l'anomalie (B), $0,03_4$° K; 3° la variation rapide, au voisinage de cette même température, de la susceptibilité magnétique, variation analogue à celle qui se produit en général au voisinage des points de Curie.

Ainsi que l'a remarqué Debye [7], l'interaction magnétique devrait produire un ferromagnétisme; mais, si l'on calcule le point de Curie avec le facteur de Lorentz $4\pi/3$, on trouve une valeur environ deux fois plus grande que la valeur expérimentale. De nouvelles expériences, faites dans des conditions variées, seront donc nécessaires pour élucider complètement la nature des forces d'interaction.

---

(6) *Proc. Akad. Sci. Ams.*, 32, 1929, p. 1189.
(7) *Ber. Sächs. Akad. Wiss.*, 36, 1934, p. 105.

ÉLECTRICITÉ ET HYDRODYNAMIQUE. — *Quelques formes nouvelles des tourbillons électroconvectifs.* Note de MM. DOUCHAN AVSEC et MICHEL LUNTZ, présentée par M. Henri Villat.

Nous avons obtenu récemment des tourbillons électroconvectifs dans une nappe de liquide ([1]). Nous allons décrire maintenant quelques formes de tourbillons électroconvectifs qui diffèrent des précédentes par les conditions imposées aux limites.

a. Les électrodes sont rectilignes et parallèles. — Une cuve rectangulaire est constituée par un fond isolant plan, deux parois métalliques, rectilignes et parallèles, et deux autres parois isolantes. La distance entre les deux parois métalliques, faisant fonction d'électrodes sera désignée par e. La longueur des électrodes est très grande par rapport à e. La cuve contient une huile isolante sous une épaisseur h, petite par rapport à e. Le champ électrostatique fait apparaître dans l'huile une file de tourbillons dont les axes sont verticaux et dont le sens de rotation est alternativement à gauche et à droite.

Désignons, comme d'habitude, par λ la distance entre deux tourbillons de même sens. Le rapport λ/e se trouve approximativement égal à 1. Lorsque h/e est très grand, les conditions aux limites deviennent celles d'un condensateur plan, et le mouvemement est identique à celui qu'on observe dans les tourbillons cellulaires.

La figure 1 représente le mouvement que l'on obtient pour $h = 0^{cm},8$ et $e = 3^{cm},5$ (h/e petit).

Si l'on recouvre la surface d'huile avec une plaque isolante et parallèle au fond, le mouvement ne change pas. Ce dispositif permet alors d'effectuer les expériences dans toutes les positions. On constate que la forme du mouvement ne dépend pas de l'inclinaison de la cuve. On remarquera la similitude parfaite de ces tourbillons électroconvectifs avec les tourbillons thermoconvectifs, déjà connus ([2]).

b. Les électrodes sont cylindriques et coaxiales. — Un récipient cylindrique en verre, semi-argenté intérieurement, et un cylindre métallique coaxial constituent les deux électrodes. Soient H la hauteur de la couche

([1]) *Comptes rendus*, 204, 1937, p. 420.

([2]) M. LUNTZ, *Comptes rendus*, 204, 1937, p. 547; D. AVSEC, *ibid.*, 204, 1937, p. 549.

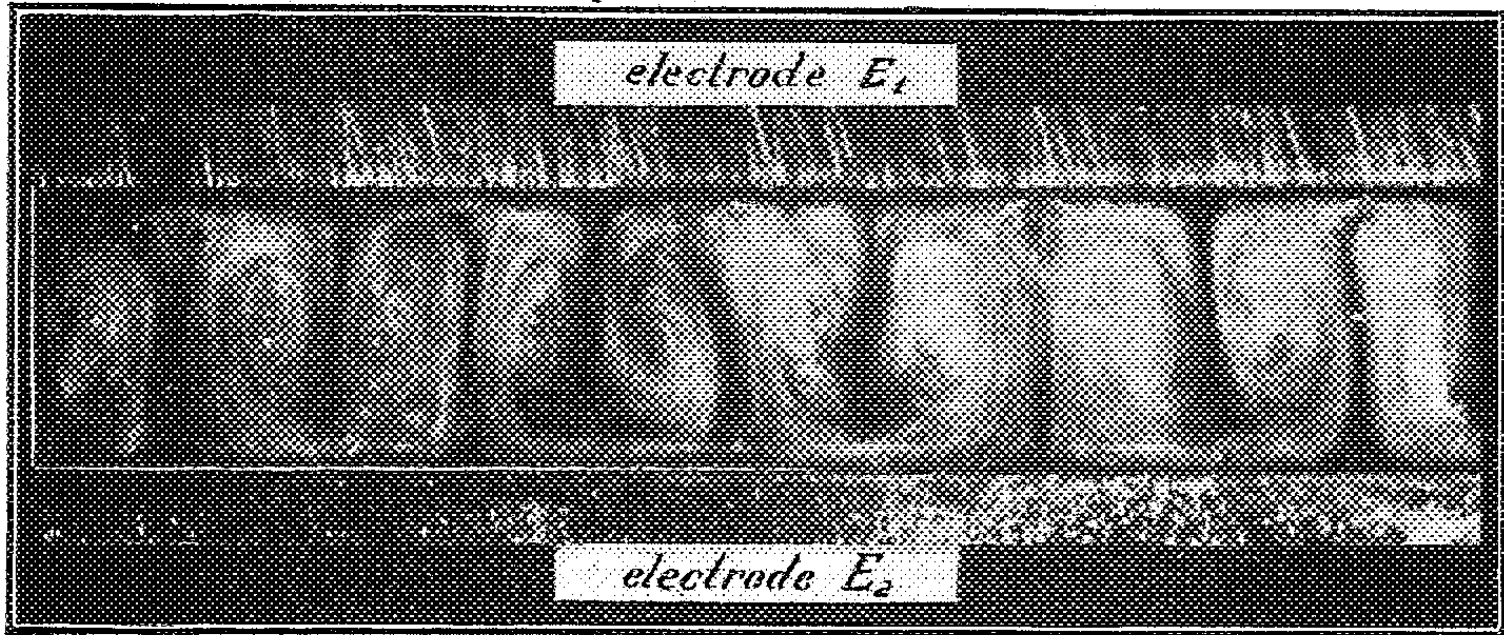
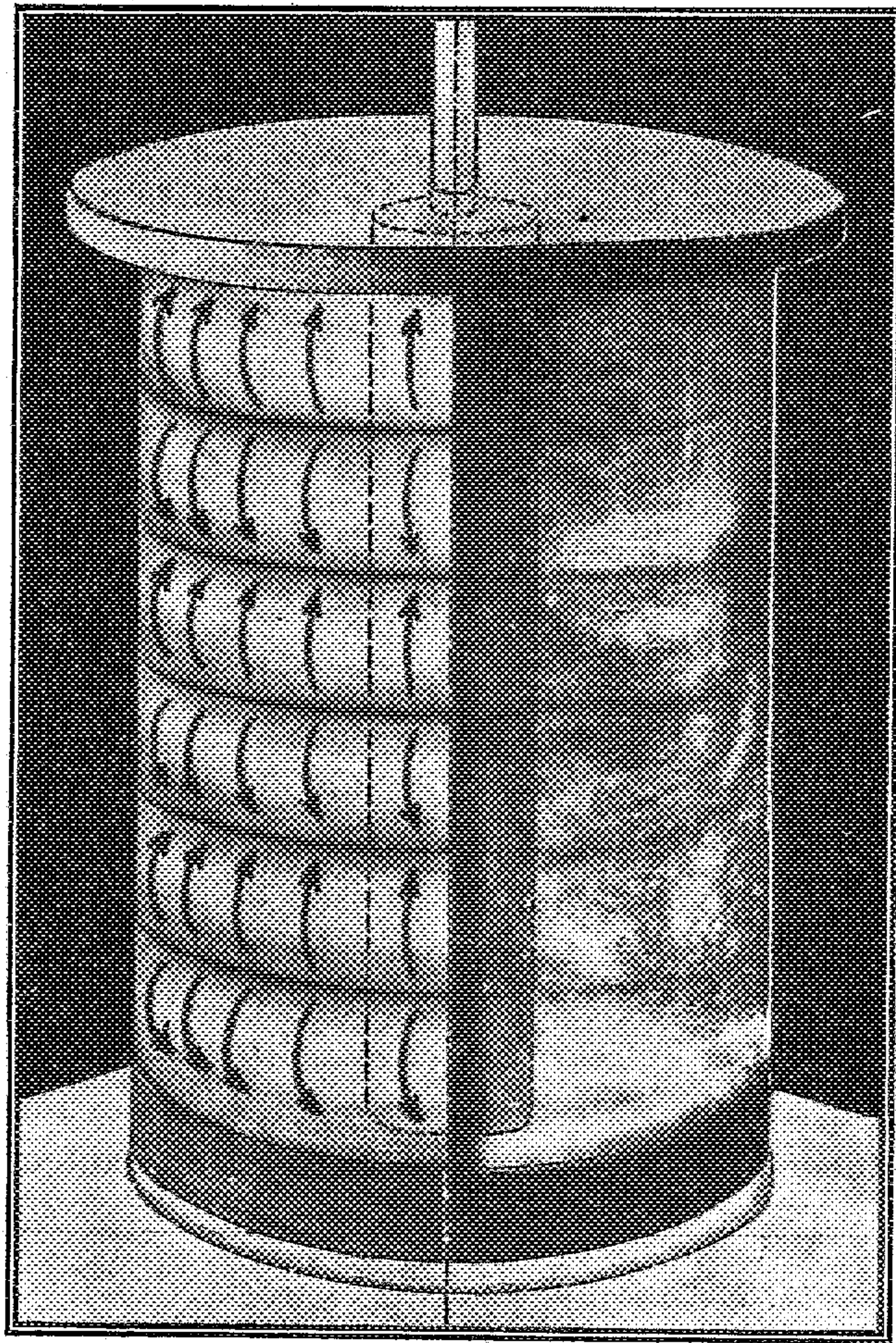


Fig. 1.


Fig. 2.

d'huile comprise entre deux cylindres et E la différence de leurs rayons. L'action du champ électrostatique fractionne le liquide en une superposition régulière d'anneau de hauteur $\Lambda/2$. Chaque anneau est engendré par un tourbillon torique, dont le sens de rotation est alternativement à gauche et à droite, quand on passe d'un tourbillon au tourbillon voisin. Le rapport Λ/E est encore approximativement égal à 1. Ce mouvement n'a pas d'analogue dans la classe des tourbillons thermoconvectifs. Il existe par contre une ressemblance marquée entre ces tourbillons et ceux que G. I. Taylor a obtenus entre deux cylindres tournants. La différence réside en ce que les trajectoires de particules dans le cas des tourbillons électroconvectifs sont planes, alors qu'elles sont hélicoïdales dans le cas des tourbillons de Taylor.

La figure 2 représente un tel mouvement. Pour la commodité d'interprétation la photographie est coupée suivant l'axe des cylindres et une de ses moitiés remplacée par un dessin schématique. Un artifice d'éclairage a permis de ne photographier qu'une section méridienne du mouvement.

Lorsque H diminue et devient petit par rapport à E, les tourbillons toriques sont remplacés par des tourbillons du type de ceux de la figure 1, dont les axes sont disposés sur un cercle.

Remarque. — L'existence des tourbillons en bandes d'origine thermoconvective laisse prévoir l'existence des tourbillons similaires d'origine électroconvective.

ÉLECTROCHIMIE. — *Sur la préparation de couches minces de titane par voie électrolytique.* Note de M. **M. Haïssinsky** et Mme **H. Emmanuel-Zavizziano**, présentée par M. Jean Perrin.

Nous avons montré [1] qu'en électrolysant des solutions aqueuses de titane (Ti^{IV}), on peut obtenir, suivant les conditions, des composés dérivés de Ti^{II}, Ti^{III}, Ti^{IV} et d'acide pertitanique. En poursuivant nos essais sur l'électrolyse des solutions sulfuriques de titane avec une cathode de Pb, nous avons décelé maintenant les conditions qui permettent d'obtenir des couches minces de *Ti métallique*.

Nous avons précipité par l'ammoniaque l'hydroxyde de Ti dans les solu-

(1) *Comptes rendus*, 203, 1936, p. 161.

tions sulfuriques provenant de la fusion au bisulfate de soude de TiO^2 et redissous le précipité dans l'acide sulfurique. Il a été ainsi possible de préparer des solutions exemptes de sulfates alcalins et de les ramener à une acidité déterminée. Le pH des solutions a été mesuré à l'aide de l'électrode de quinhydrone; leur teneur en TiO^2 était de $1^{mg},7$ à 2^{mg} par centimètre cube.

Nous avons constaté que si l'on électrolyse, avec une cathode de Pb, une anode de Pt et un courant de 15 à 20 mA/cm², 10^{cm^3} de cette solution, de pH compris entre 1,2 et 1,6 et additionnés de $1^{g},5$ de $Na^2SO^4.10H^2O$, la cathode se recouvre d'une couche noire adhérente à la surface, mais à peine pondérable. Ce dépôt, lavé immédiatement après l'électrolyse et séché à l'alcool et à l'éther, contrairement au dépôt noir que nous avons obtenu avec des solutions fluorhydriques neutres de Ti (*loc. cit.*) et que nous avons caractérisé comme TiO, se conserve pendant plusieurs semaines à l'air sans changement de couleur; il ne décompose pas visiblement l'eau ni à froid, ni à chaud, et se dissout lentement dans les acides dilués, bien plus facilement en présence d'une goutte de H^2O^2, en prenant alors la couleur jaune caractéristique de l'acide pertitanique. Les propriétés de ce dépôt, dont la quantité peut, d'après l'intensité de cette coloration, être évalué de 0,1 à 0,2 mg/cm², sont donc celles du titane métallique.

D'après nos expériences, la présence de sulfate de soude empêche, d'une part, l'hydrolyse des solutions de pH relativement élevé (²) et favorise, d'autre part, la formation du dépôt. Si l'on augmente l'intensité du courant, la solution tend à se troubler par précipitation de l'hydroxyde de Ti. Si l'on augmente l'acidité, l'hydrolyse est évitée, mais alors la densité de courant nécessaire pour que le dépôt s'effectue est plus grande et l'importance de celui-ci semble plutôt diminuer. L'augmentation de la concentration en Ti (jusqu'à 10 fois) n'a pas une influence appréciable sur l'épaisseur du dépôt; la solution devient dans ce cas dès le début de l'électrolyse intensément violette (formation de Ti^{+++}), tandis que les solutions moins concentrées prennent parfois une coloration légèrement violette seulement au bout de plusieurs heures.

Avec une solution de pH 1,6 et une cathode en Zn ou en Sn on obtient des couches analogues à celles qui se déposent sur le plomb, tandis qu'avec

(²) W. E. Bradt et H. B. Linford ont obtenu tout récemment (*J. Amer. Électrochem. Soc.*, 70, 1936, p. 363) un résultat analogue en électrolysant des solutions sulfuriques de Zr, dans des conditions toutefois un peu différentes.

des cathodes de Ni ou de Pt, on n'observe aucun dépôt, ou bien celui-ci est tellement faible qu'il devient très difficile à identifier; il est extrêmement faible également sur une cathode en cuivre.

Cette influence de la nature de la cathode fait penser que la décharge sur cette électrode des ions de Ti^{++++} ne peut s'effectuer qu'avec des potentiels cathodiques très négatifs, réalisables seulement avec les métaux sur lesquels le dégagement de l'hydrogène demande de très fortes surtensions (Zn, Sn, Pb) et que, lorsque l'électrode est recouverte d'une couche suffisante de Ti, le potentiel n'est plus favorable au dépôt et celui-ci s'arrête. Pour vérifier cette hypothèse, nous avons suivi pendant 24 heures l'évolution du potentiel de la cathode de Pb, mesuré par la méthode de compensation de Poggendorf par rapport à l'électrode de calomel saturée.

Avec un courant de $15\ mA/cm^2$, ce potentiel était : 1 minute après la fermeture du courant électrolytique, de $-1,34$ volt; au bout de 12 minutes, $-1,30$; au bout de 40 minutes, $-1,18$; après 2,5 heures, $-1,00$; après 17 heures, $-0,97$; après 20 heures, $-0,96$ et, enfin, après 24 heures, $-0,94$ volt. On voit donc que la valeur absolue du potentiel diminue à mesure que se forme le dépôt de Ti et qu'il finit par se stabiliser lorsque la couche de titane est constituée. Avec des cathodes de Pt (exempt d'oxygène) ou de Ni, la valeur du potentiel est dès le début bien inférieure à 1 volt.

SPECTROSCOPIE. — *Spectres d'émission moléculaire de quelques sels métalliques*. Note de M. **Pierre Mesnage**, présentée par M. Aimé Cotton.

1. J'ai mis en évidence, par l'emploi de la décharge de haute fréquence l'émission, par les sels des métaux lourds à l'état de vapeur à basse pression, de spectres moléculaires caractéristiques. Les spectres décrits jusqu'à présent sont ceux des chlorures de fer, nickel, cobalt et chrome (1). Comme ils sont d'une extrême complication, il a paru à propos d'élargir cette investigation en l'étendant d'une part à des métaux chimiquement voisins, d'autre part aux sels des autres halogènes; je décrirai donc ici les résultats obtenus avec le *chlorure de manganèse*, le *bromure* et l'*iodure ferreux*.

La technique utilisée est exactement celle qui a déjà été décrite; seul l'oscillateur a été remplacé par un autre un peu plus puissant; le néon est

(1) *Comptes rendus*, 200, 1935, p. 2072 et 201, 1935, p. 389.

employé pour faciliter l'allumage des décharges, et toutes les remarques faites à ce sujet ainsi que sur les deux régimes de décharge (*loc. cit.*) sont entièrement confirmées par les nouvelles expériences. Le domaine spectral exploré va de 2300 à 6700 Å, la dispersion est de 12 Å/mm au voisinage de 3500 Å, de 20 Å/mm près de 4000 Å, de 100 Å/mm autour de 6500 Å.

2. Le *chlorure de manganèse* $MnCl^2$ émet, en même temps que le spectre d'arc du manganèse au complet, des bandes dans trois régions.

1° *Bandes ultraviolettes* s'étendant de 3500 à 3900 Å. Le système se compose de six groupes compacts à peu près de même intensité et de même largeur (400 à 360 cm^{-1}) : dans chacun d'eux l'intensité diminue graduellement du côté des grandes fréquences, tandis qu'une limite nette est visible du côté des petites fréquences, au moins quand elle n'est pas masquée par la superposition de raies intenses. Les longueurs d'onde de ces arêtes sont (en numérotant les groupes à partir des grandes fréquences) : troisième, 3661 Å; quatrième, 3717 Å; cinquième, 3771 Å.

En outre chaque groupe (plus nettement, le premier, le troisième et le quatrième) montre une série de cannelures équidistantes (15 cm^{-1} en moyenne), dont chacune représente sans doute une bande. La structure générale de ce système conduit à le rapprocher de celui qui a été observé avec les chlorures de fer dans la même région (entre 3300 et 3700 Å) : même disposition en groupes compacts équidistants, même bandes cannelées à l'intérieur des groupes.

2° *Bandes violettes* de 4300 à 4600 Å. Elles sont diffuses, sans arêtes, et il ne s'y révèle aucune régularité. Les longueurs d'onde des principaux maxima sont 4331, 4357, 4363, 4409, 4484, 4517, 4543, 4563, 4586 Å.

3° *Bandes vertes* au voisinage de 5000 Å. Elles présentent un aspect tout à fait inusité : deux groupes isolés très étroits, ayant à première vue l'apparence de raies très diffuses, comportant chacun un double maximum dont le second, plus large dans un des groupes, se dédouble à son tour dans l'autre.

Longueurs d'onde, 4977 et 4983 Å pour le premier groupe; 5027 et 5039, 5043 Å pour le second.

3. Avec le *bromure de fer*, $FeBr^2$ on ne trouve rien de comparable au système ultraviolet du chlorure dont l'analogue vient d'être décrit pour le chlorure de manganèse. Dans l'ultraviolet on aperçoit seulement un petit nombre de bandes dégradées vers les grandes fréquences. Les longueurs d'onde des principales arêtes sont 3660, 3694, 3702, 3712 Å.

La principale région d'émission est le rouge, dans lequel il y a un sys-

tème de bandes intense mais sans régularités. Pour ces bandes on ne peut pas en général parler d'arête ni de sens du dégradé, car elles se terminent à peu près aussi brusquement du côté des grandes que du côté des petites fréquences. Des traces de structure décelées sur la plupart d'entre elles font penser que chaque *bande* est en réalité un groupe de bandes. Les longueurs d'onde des deux limites des plus intenses sont

6187 (max. sym.)	6265 6309	6350 6387	6400 Å 6435

Outre le spectre d'arc du fer les principales raies d'arc du brome sont présentes mais faibles, notamment 4743 et 4817 Å sans aucun doute; 5833, 6351, 6545, 6560, 6582 Å, dont l'identification est plus douteuse.

L'*iodure de fer* FeI^2, dans les mêmes conditions que les autres sels, n'émet aucun spectre moléculaire dans le domaine étudié, ce qui est surprenant, puisqu'il se sublime sans décomposition appréciable dans le tube à décharge. La lumière émise ne contient que le spectre d'arc du fer et les raies 4768 et 4862 Å de l'iode.

En raison de la complexité et de la diversité des spectres obtenus, il importe, semble-t-il, de multiplier les comparaisons; aussi étendons-nous le travail à d'autres sels.

PHOTOCHIMIE. — *Effets photovoltaïques des diamines de la naphtalène.* Note de Mlle **Hoàng thi nga**, présentée par M. Jean Perrin.

Les expériences précédentes ont montré que le photopotentiel des amines aromatiques substituées auprès du noyau dépend de la position relative des deux groupements, l'effet étant plus grand pour les composés *méta* et *para* que pour les dérivés *ortho* (1), nous avons pensé d'après ces observations qu'il existerait un lien entre l'effet photovoltaïque et les réactivités chimiques. Afin de poursuivre nos recherches dans le même sens, nous avons fait des mesures sur les diamines de la naphtalène dont les deux groupements NH^2 occupent différentes positions. La mesure des photopotentiels instantanés a été difficile car ces diamines se transforment relativement vite et les lames ne présentent pas toujours une grande stabilité, seules les diamines 1-2, 1-8, 2-7 permettent des mesures ayant un sens.

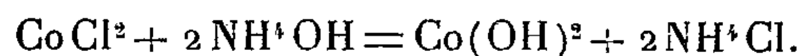
(1) *Comptes rendus*, 202, 1936, p. 1049.

Nous avons employé comme source lumineuse un arc à vapeur de Hg car ces substances absorbent dans l'ultraviolet; l'électrode sensible étant enfermée dans un récipient de quartz, les électrolytes ont été employés à des concentrations variant de *m*/1000 à *m*/50. Les résultats ont montré que la diamine 1-2 est la moins photosensible de toutes, les deux autres présentent des effets nettement plus grands quoique les valeurs observées soient souvent assez variables comme l'indique le tableau ci-dessous. Bien que le nombre restreint des substances étudiées ne permette pas de tirer une conclusion, il semble cependant confirmer cette hypothèse que lorsque les deux groupements sont voisins comme dans la diamine 1-2, leur influence mutuelle exerce un effet sur la capacité photosensible de la molécule.

		Photopotentiels en dixièmes de millivolt dans des solutions aqueuses à différentes concentrations.				
Substance.	Électrolyte.	*m*/1000.	*m*/500.	*m*/200.	*m*/100.	*m*/50.
Diamine 1-2.......	SO^4K^2	14	17	16	19	15
» 1-8.......	»	33	31	39	35	42
» 2-7.......	»	41	37	38	40	37
Diamine 1-2.......	KI	20	17	19	15	16
» 1-8.......	»	42	37	38	36	40
» 2-7.......	»	39	40	42	40	38
Diamine 1-2.......	HCO^2Na	18	19	17	21	20
» 1-8.......	»	35	37	40	38	38
» 2-7.......	»	41	43	36	34	37
Diamine 1-2.......	ClO^3K	21	18	16	19	20
» 1-8.......	»	42	40	39	40	37
» 2-7.......	»	35	41	37	36	34

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur la précipitation partielle du cobalt par l'ammoniaque en excès et la formation d'ions cobaltoammines.* Note [1] de M. **Marcel Chatelet**, présentée par M. Georges Urbain.

J'ai montré [2] que les solutions chlorure de cobalt-chlorure d'ammonium-ammoniaque-eau pouvaient être considérées comme étant le siège de diverses réactions exothermiques que je rappelle ici : la première totale, met en jeu 2^mol d'ammoniaque



$$CoCl^2 + 2NH^4OH = Co(OH)^2 + 2NH^4Cl.$$

(1) Séance du 22 février 1937.

(2) *J. Chim. Phys.*, 33, 1936, p. 313.

Elle se produit, qu'il y ait ou non précipitation partielle du cobalt. Les deux autres, équilibrées, correspondent à la formation des ions $[Co(NH^3)]^{++}$ et $[Co(NH^3)^3]^{++}$. Elles n'avaient pu être caractérisées que dans le cas où la quantité de chlorure d'ammonium préajouté était suffisante pour empêcher toute précipitation partielle du cobalt dans le domaine des concentrations étudiées.

Dans le but de déterminer s'il n'y a pas modification de la nature des réactions quand la quantité de chlorure d'ammonium préajouté est insuffisante ou nulle, j'ai étudié les variations de la concentration du cobalt subsistant en solution pour des concentrations initiales variant de 0,01 à 0,1 mol-litre pour le cobalt, 0,25 à 2,5 mol-litre pour l'ammoniaque et 0 à 0,28 mol-litre pour le chlorure d'ammonium préajouté. Les conditions expérimentales permettaient d'éviter tout phénomène d'oxydation par l'oxygène de l'air (précipitation sous couche d'huile, filtration dans l'azote).

L'examen des valeurs numériques obtenues permet d'arriver à la conclusion suivante :

La nature des réactions entre l'ion Co^{++} *et l'ammoniac ne dépend pas de la concentration en chlorure d'ammonium.*

En effet, si les hypothèses faites précédemment sont fondées, les ordonnées θ d'une courbe représentant l'élévation de température du calorimètre [2] en fonction de la concentration en cobalt pour une concentration donnée en ammoniaque sont la somme des ordonnées correspondantes :

1° d'une droite α correspondant à la réaction totale $CoCl^2 + 2NH^4OH$;
2° d'une courbe β correspondant aux réactions ultérieures.

Qu'il y ait ou non précipitation partielle, la droite α reste la même en première approximation.

Une courbe β', correspondant à des expériences avec précipitation partielle, se déduit de la courbe β sans précipitation partielle de la façon suivante. Pour une concentration C en cobalt l'ordonnée de β' sera la même que celle de β correspondant à la concentration C' de cobalt subsistant en solution.

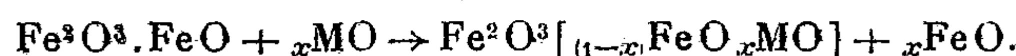
L'application de ce procédé permet de calculer, à partir du réseau de courbes $\theta = f(c)$ correspondant à une concentration en NH^4Cl préajouté de 0,76 mol-litre, les courbes θ correspondant aux autres concentrations du NH^4Cl étudiées (0,045 et 0,15 mol-litre). Aux erreurs d'expériences près on retrouve les courbes expérimentales.

Ce résultat peut être considéré comme une preuve de la validité des hypothèses énoncées.

Par contre il ne m'a pas été possible de trouver jusqu'à présent une relation simple entre les quantités de cobalt subsistant en solution sous une forme ou sous une autre et les concentrations effectives des solutions en chlorure d'ammonium. Les résultats obtenus font simplement ressortir que l'empêchement de la précipitation de l'ion Co^{++} par NH^4Cl n'est pas uniquement une question de concentration en ions hydrogène.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Préparation de ferrites par substitution des ions ferreux dans la magnétite.* Note (¹) de MM. **J. Bénard** et **Georges Chaudron**, présentée par M. Georges Urbain.

Si l'on chauffe dans le vide vers 800° de la magnétite avec certains protoxydes, par exemple de la magnésie, on observe, par l'analyse thermomagnétique et les diagrammes de Debye-Sherrer, une réaction de substitution qui peut s'écrire



$$Fe^2O^3.FeO + {}_xMO \rightarrow Fe^2O^3[{}_{(1-x)}FeO\,{}_xMO] + {}_xFeO.$$

On forme ainsi des ferrites mixtes et le protoxyde libéré peut être mis en évidence par son anomalie de décomposition caractéristique (²). Dans cette Note, nous avons étudié cette réaction en faisant agir différents protoxydes.

On constate que la substitution a lieu lorsque le métal bivalent, qui réagit, possède un rayon ionique voisin de celui du fer ferreux, ainsi que le montre le tableau suivant :

Oxyde ajouté.	Rayon ionique du métal.	Différence entre le rayon ionique du fer et celui du métal.	Solution solide limite. Paramètre Aw.	Solution solide limite. Point de Curie.	Ferrite. Paramètre Aw.	Ferrite. Point de Curie.
CoO...	0,82 Å	0,01	8,38 Å	520°	8,37 Å	520°
NiO...	0,78	0,05	8,35	600	8,34	595
MgO..	0,78	0,05	8,40	420	8,39	315
MnO..	0,91	0,08	8,54	140	8,53	520

Nous avons essayé également l'action des protoxydes de métaux alcalino-

(¹) Séance du 1er mars 1937.

(²) G. Chaudron, *Comptes rendus*, 172, 1921, p. 152 et J. Bénard, *Comptes rendus*, 203, 1936, p. 1356.

terreux dont les rayons ioniques varient entre 1,06 et 1,43 Å; la substitution est alors impossible.

Lorsqu'on forme ces solutions solides de substitution, on observe une variation du paramètre cristallin de la magnétite qui tend vers celui du ferrite correspondant, par valeur croissante ou décroissante suivant les cas. Le déplacement de la température du point de Curie montre que l'on peut ainsi atteindre les ferrites de nickel et de cobalt; dans le cas des oxydes de magnésium et de manganèse, on atteint des ferrites mixtes dont les paramètres sont très voisins de ceux des ferrites purs, mais dont les points de Curie sont nettement différents.

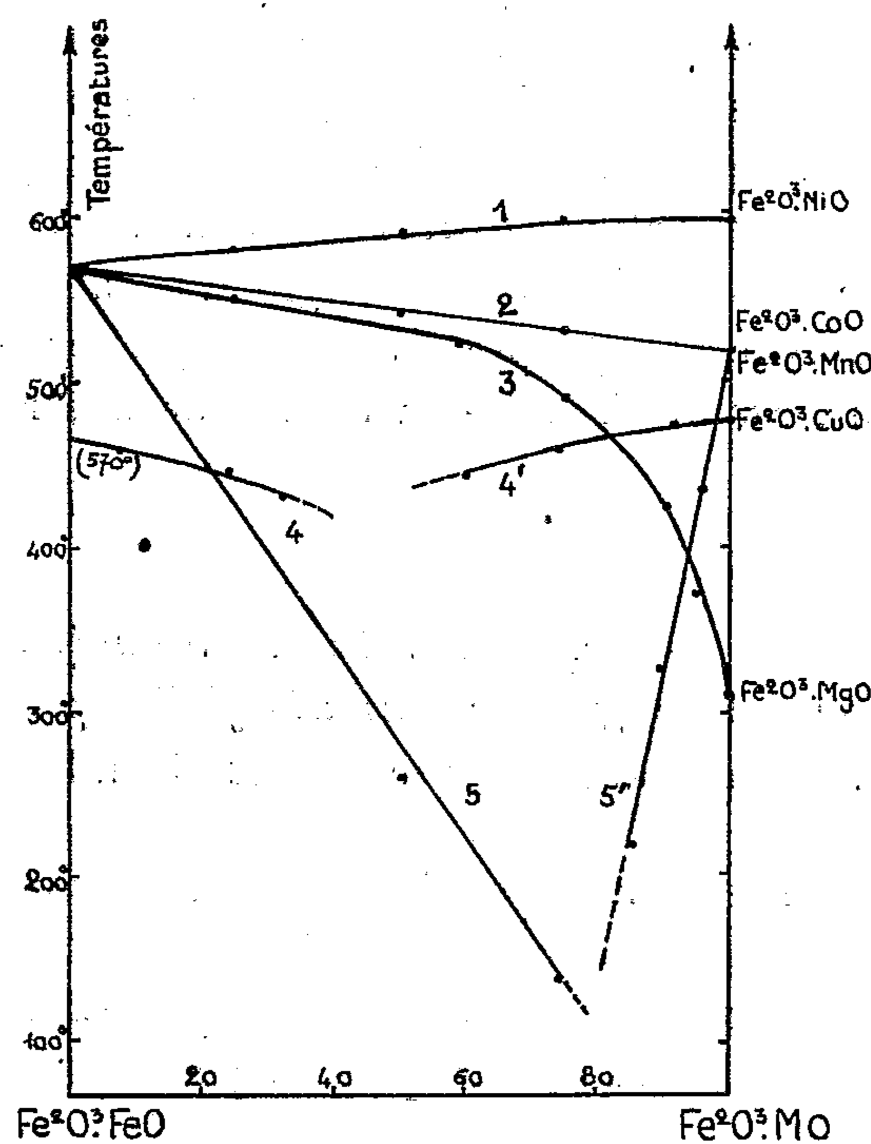


Diagramme de variation des points de Curie des ferrites mixtes.
1, $Fe^3O^4 — Fe^2O^3FiO$; 2, $Fe^3O^4 — Fe^2O^3CoO$; 3, $Fe^3O^4 — Fe^2O^3MgO$; 4, $Fe^3O^4 — Fe^2O^3CuO$; 4' $Fe^2O^3CuO — Fe^3O^4$; 5, $Fe^3O^4 — Fe^3O^3MnO$; 5' $Fe^2O^3MnO — Fe^3O^4$.
(4, est déplacée de 100° pour éviter le chevauchement des courbes.)

Pour comprendre cette anomalie, nous avons abordé la préparation directe des ferrites mixtes par chauffage des mélanges de magnétite et de ferrite. Le diagramme des points de Curie et des paramètres (voir la figure) montre une variation régulière de ces propriétés pour le cobalt, le nickel et

le magnésium ; dans le cas du manganèse et du cuivre, on forme deux groupes de solutions solides, les unes correspondant à la substitution des ions manganèse et cuivre aux ions ferreux, et les autres correspondant à la substitution des ions ferreux aux ions manganèse et cuivre. On comprend alors que la substitution n'aboutisse pas aux ferrites de ces métaux.

Ces réactions d'échange qui ont lieu sans altération de structure conduisent à admettre que les ions ferreux dans la magnétite et de façon générale, les ions métalliques bivalents dans les ferrites, sont liés au réseau d'une manière assez lâche. Ce caractère doit être associé à l'existence, dans la structure des ferrites, d'un réseau électronégatif d'oxygène particulièrement stable, analogue à celui indiqué par Bragg dans les silicates ([3]). Les ferrites ne semblent donc pas se distinguer nettement de leurs solutions solides mixtes puisqu'ils en sont la limite dans un certain nombre de cas.

Il y a lieu de remarquer enfin qu'il est possible d'oxyder certaines de ces solutions solides; on obtient alors des sesquioxydes de fer cubiques stabilisés ([4]); cette stabilisation s'accompagne d'un abaissement du point de Curie du sesquioxyde cubique pur. Nous nous proposons de relier, dans un travail ultérieur, ces observations à l'étude de la structure cristalline des spinelles.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur une méthode d'analyse des carbures saturés et non saturés gazeux sous très faible pression.* Note ([1]) de M. **René Delaplace**, présentée par M. Jean Perrin.

Les courbes ci-contre sont celles des tensions de vapeur des carbures saturés et non saturés à basse température ([2]).

On voit que l'on peut classer les gaz susceptibles d'être séparés par distillation sous des pressions de quelques baryes en

I. Éthylène-éthane;
II. Propane-propylène-(acétylène);
III. Isobutane-butane-isobutylène-α-butylène.

([3]) W. L. Bragg, *Z. Kristallogr.*, 74, 1930, p. 237 et M. Mathieu, *Réactions topochimiques*, Paris, 1936.

([4]) A. Michel, *Comptes rendus*, 201, 1935, p. 1191.

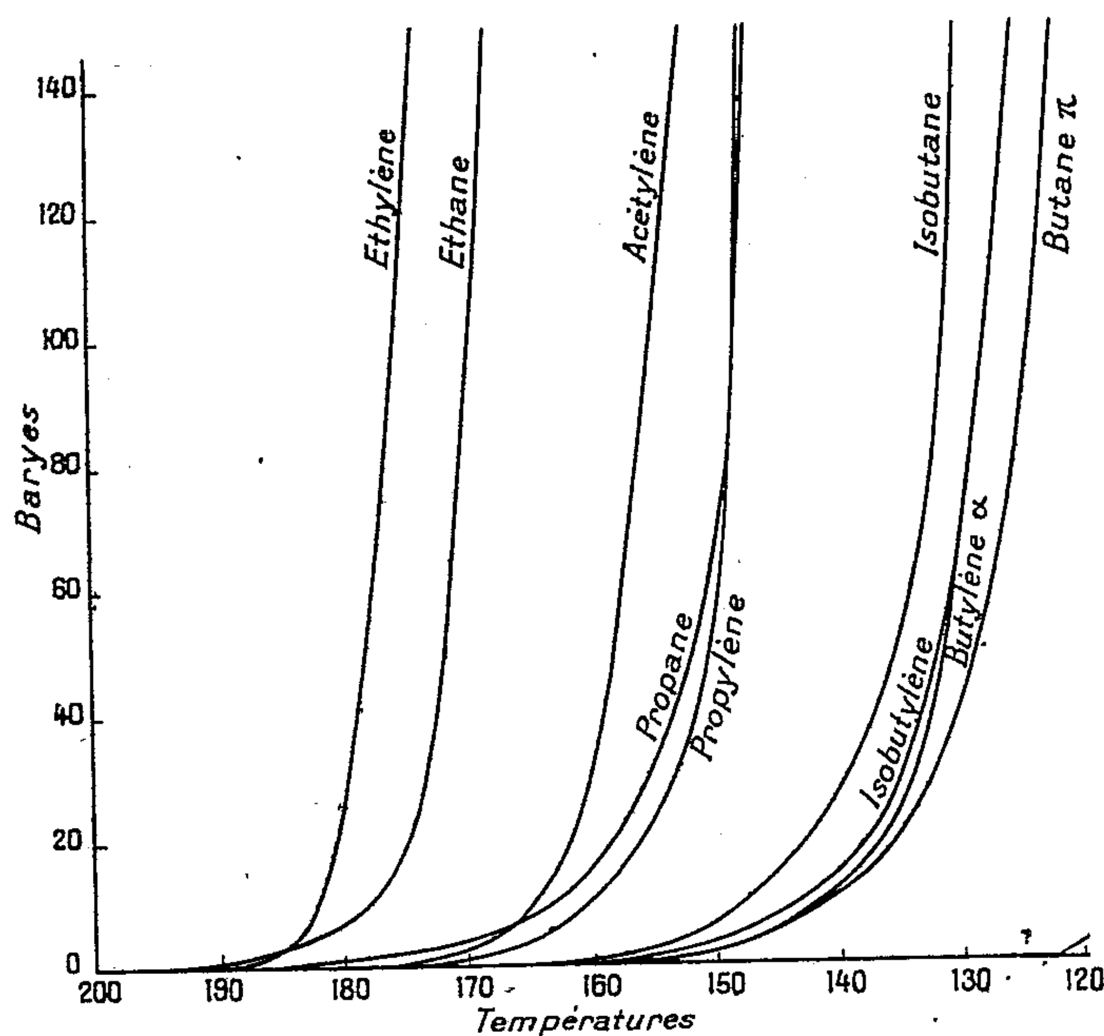
([1]) Séance du 1er mars 1937.

([2]) R. Delaplace, *Comptes rendus*, 204, 1937, p. 493.

Dans le groupe I l'éthylène sera dosé par le réactif sulfovanadique de Lebeau et Damiens.

Dans le groupe II le propylène sera dosé par SO^4H^2 à 60° B après extraction de l'acétylène par le réactif à l'iodo-mercurate de potassium.

Dans le groupe III on séparera globalement l'isobutane et le butane par



absorption de l'isobutylène et de l'α-butylène par SO^4H^2 à 60° B. On sépare ensuite l'isobutane du butane par distillation sous des pressions de l'ordre de quelques baryes.

Dans le cas où les carbures acétyléniques comprendraient des acétyléniques supérieurs il serait absolument nécessaire de les séparer avant tout fractionnement physique.

Cette méthode d'analyse, qui sert également pour la purification complète des gaz cités, permet de séparer très facilement $0^{cm^3},001$ de gaz non condensable (³) dans l'azote liquide, dans un volume de gaz condensable qui peut être compris en 1^{cm^3} et $1\,000^{cm^3}$.

La séparation d'un mélange éthane-propane :

(³) Ce volume de gaz non condensable donne dans notre appareil une pression de l'ordre de 1,5 barye.

	cm³
Volume d'éthane	0,95
Volume de propane	1,90
Total	2,85

a donné les résultats suivants :

	cm³
Volume d'éthane retrouvé	0,944
Volume de propane retrouvé	1.90
Total	2,844

La distillation a été faite à — 178° sous une pression de 9^b,60. L'analyse eudiométrique de l'éthane et du propane après séparation a donné des chiffres correspondant à des combustions théoriques.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Modifications spectrales des solutions aqueuses de l'acide phénylpyruvique en fonction du* pH *et du temps*. Note [1] de M. **Jens Boe** et Mlle **Madeleine Gex**, présentée par M. Marcel Delépine.

Étudiant le spectre ultraviolet de l'acide phénylpyruvique en solutions aqueuses, nous avons constaté que des modifications importantes lui sont apportées par le *vieillissement* et les *variations du* pH : l'absorption diminue très rapidement avec le temps, et il faut user d'artifices techniques pour avoir le début de l'évolution des solutions; d'autre part l'absorption et la variation de celle-ci sont fonction du pH. Nous avons tenté d'analyser ces propriétés par la méthode du rapport d'absorption (étude de la variation, en fonction du pH, des densités colog. I/I_0 sur deux longueurs d'onde différentes).

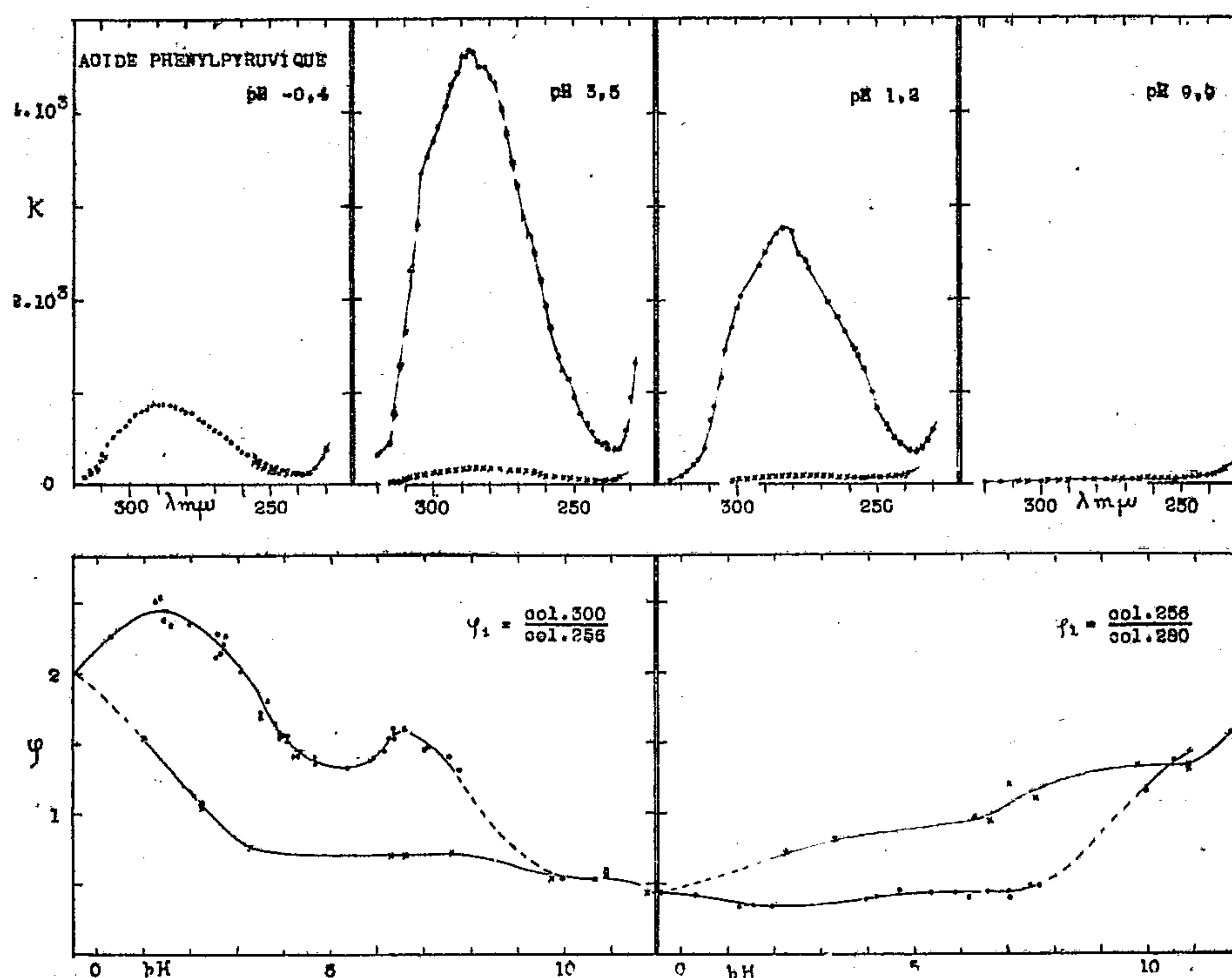
Technique. — *Préparation des solutions*. — De l'acide phénylpyruvique est recristallisé quatre fois dans du chloroforme anesthésique (point de fusion après les deux dernières cristallisations : 255°). Pour les *solutions fraîches*, on s'arrange pour que la préparation de la solution et la prise du spectre ne demandent au total pas plus de 3 à 4 minutes. Pour les *solutions âgées de* 20 *heures*, peu absorbantes, nous avons dû employer des concentrations 25 à 30 fois plus fortes, nécessitant l'addition de 2 pour 100 d'alcool. Les témoins spectraux ont été alcoolisés au même taux. Dans ces conditions, il est évident que solutions âgées et solutions fraîches ne sont pas en tous points comparables.

---

[1] Séance du 1er mars 1937.

Les techniques des mesures du pH *et des spectres* ont été indiquées dans une Note précédente (²).

Résultats. — Dans les 4 à 5 minutes qui suivent sa préparation, *une solution d'acide phénylpyruvique dans l'eau pure* (pH 3,5) présente à $284\text{-}285^{m\mu}$ une très forte bande ($K = 14.10^5$ mol-gr/litre-cm) avec deux contreforts à λ $300\text{-}301^{m\mu}$ et à $270\text{-}280^{m\mu}$, suivie d'un minimum à $238\text{-}240^{m\mu}$, qui la sépare d'une deuxième bande, extrême ultraviolette, dont nous n'avons



En haut : Spectres de l'acide phénylpyruvique à différents pH. *En bas :* Rapports d'absorption φ_1 et φ_2 en fonction de pH. — ● solutions fraîches ; × solutions âgées.

pas pu atteindre le sommet. Les *solutions acides* offrent un spectre du même type. Par abaissement du pH, la bande principale subit un faible décalage, et atteint $288^{m\mu}$ à pH 1,25. Du *côté alcalin* on n'observe plus de bande différenciée, mais une montée en escalier où l'on distingue encore cependant les composantes (voir figure). Par *vieillissement* l'absorption diminue très rapidement, en suivant une loi du type monomoléculaire, et dont la vitesse de transformation dépend du pH.

(²) GEX, *Comptes rendus*, 202, 1936, p. 2145.

Interprétation. — L'ensemble des modifications est traduit par le rapport $\varphi_1 = \text{colog}[\lambda 300]/\text{colog}[\lambda 256]$. Celui-ci présente, pour les *solutions fraîches*, deux maxima, ce qui correspondrait à l'existence de cinq états différents (la première constante de transformation au-dessous de pH 1, la deuxième à pH 3,0, et les deux autres au voisinage de pH 7); on peut en prévoir quatre *a priori*, provenant d'une part des deux états, dissocié ou non, du carboxyle (pK 3,0), et d'autre part de la céto-énolisation du carbonyle. Au-dessous de la neutralité, l'acide phénylpyruvique donne la réaction verte au $FeCl^3$, et sa très forte absorption serait en faveur d'une forme énolique. Pour expliquer l'effet remarquable de l'alcalinisation sur le spectre, on pourrait faire intervenir plusieurs hypothèses : formation de benzaldéhyde, apparition de la forme cétonique, et même, par analogie avec l'éther phénylpyruvique ([3]), lactonisation partielle.

Un autre rapport $\varphi_2 = \text{colog}[\lambda 256]/\text{colog}[\lambda 280]$ indique une transformation dont la constante serait encore voisine de la neutralité.

Dans le *vieillissement*, les rapports sont plus simples que ceux des solutions fraîches, et se rattachent à ceux-ci aux deux extrémités de l'échelle des pH.

L'acide phénylpyruvique, en solutions aqueuses, présente donc pendant les premiers instants, selon le pH, *cinq états différents :* en milieu HCl concentré dépassant plusieurs fois la normale, existe un *état stable* A, qui serait peut-être une combinaison ; à des pH plus élevés, apparaît la *molécule indissociée* B, qui donne ensuite l'*ion monovalent* C (pK = 3,0) ; au voisinage de la neutralité se produisent deux transformations successives, *états* D et E, dont le *terme final* E est *stable* et a une très faible absorption.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Les transformations au refroidissement des aciers.* Note ([1]) de MM. **Albert Portevin** et **Pierre Chevenard**, présentée par M. Léon Guillet.

A la suite d'expériences déjà anciennes ([2]), nous avons exposé le mécanisme des transformations que subit l'acier, préalablement amené par

([3]) Weick, *Contribution à l'étude de la tautomérie des acides α-cétones aromatiques : l'éther phénylpyruvique, Thèse*, série U, n° 3, Faculté des Sciences, Strasbourg, 1922.

([1]) Séance du 1er mars 1937.

([2]) A. Portevin et M. Garvin, *Comptes rendus*, 164, 1917, p. 887; 168, 1919, p. 346 et 731 ; P. Chevenard, *Comptes rendus*, 165, 1917, p. 59 et *Rev. Métall.* 16, 1919, p. 17; A. Portevin et P. Chevenard, *Rev. Métall.*, 18, 1921, p. 713.

chauffage à l'état d'austénite, au cours d'un *refroidissement continu* jusqu'à la température ambiante; de ces résultats ont été dégagées les notions de *valeurs critiques des facteurs de trempe* et de *courbes caractéristiques de trempe*. Des recherches récentes, basées sur l'étude des transformations en condition isotherme, nous conduisent à compléter et à préciser nos conclusions. En particulier, il nous paraît nécessaire de bien séparer deux modalités de transformation, désignées par Ar″ et Ar‴ dans notre première étude quantitative, et que nous avions groupées ensemble pour simplifier.

La méthode expérimentale consiste à interrompre le refroidissement rapide de l'acier par un séjour de 1 minute à plusieurs heures dans un bain métallique à température déterminée, puis, après trempe dans l'eau glacée, à préciser par micrographie et par dilatométrie l'état physicochimique et structural du métal. Pour la clarté des résultats, il y a intérêt à choisir des aciers dans lesquels les trois zones de transformation au refroidissement : A*r*′, A*r*″ et A*r*‴ sont nettement distinctes : tels sont les aciers nickel-chrome du type de l'alliage utilisé dans notre première étude commune.

Ces trois zones, qui se succèdent en se superposant plus ou moins dans l'échelle des températures, correspondent à *trois modes* différents de décomposition de l'austénite :

Ar′ — Transformation dans le domaine supérieur (mode lamellaire : perlite ou troostite nodulaire).

Ar″ — Transformation dans le domaine intermédiaire (mode aciculaire : troostite aciculaire).

Ar‴ — Transformation dans le domaine inférieur (mode martensitique).

Dans l'ensemble, nos résultats et nos conclusions confirment ceux de Davenport et Bain, Wever, Lange, Jellinghaus et Hild, Gretchko et Korimkov etc., qui ont étudié par une technique analogue la décomposition isotherme de l'austénite. Ils sont, de plus, en accord complet avec les conclusions de nos travaux sur le revenu des aciers trempés et hypertrempés [3].

Dans les deux premières manifestations, Ar′ et Ar″, la marche de la transformation dépend de deux grandeurs : nombre des germes qui naissent, vitesse de croissance à partir de ces germes. La diffusion intervient, surtout pour Ar′, qui s'effectue à température plus élevée que Ar″. Par l'effet du nombre des germes, les courbes représentant le progrès de ces transfor-

(3) P. Chevenard et A. Portevin, *Rev. Métall.*, 28, 1931, p. 417.

mations en fonction de la température, s'apparentent à la courbe en cloche caractéristique des phénomènes statistiques.

1° La *transformation* Ar′ *supérieure ou perlitique* paraît essentiellement liée à la germination et à la cristallisation de la cémentite, à partir de l'austénite saturée, après séparation plus ou moins complète de ferrite proeutectoïde. Comme dans le durcissement structural des alliages légers, il y a une période d'incubation ou un « temps de retard » avant l'apparition de germes visibles ou pouvant être constatés. Cette transformation progresse surtout par croissance des germes existants. Elle donne naissance à une *structure lamellaire* : perlite ou troostite nodulaire; la structure lamellaire des nodules apparaît en lumière ultraviolette (Lucas), ou même aux grossissements usuels après refroidissement lent [aciers spéciaux au manganèse (4)].

2° La *transformation dans le domaine intermédiaire* Ar″ paraît correspondre principalement à la formation de *ferrite sursaturée* (solution α) qui peut d'ailleurs se décomposer par précipitation totale ou partielle de carbure. L'aspect structural des produits de cette transformation se modifie notablement, mais d'une manière *continue*, lorsque la température s'abaisse : de réticulaire, l'aspect devient celui du constituant appelé « troostite aciculaire ».

La transformation Ar″ progresse principalement par naissance de nouveaux éléments, groupés et orientés suivant la structure dite de Widmanstätten, disposition d'où résulte parfois une confusion avec la martensite. Cette structure s'observe également lors des refroidissements très lents d'aciers au nickel (5). La transformation Ar″ n'est jamais complète; l'austénite résiduelle subit en partie la transformation Ar‴.

3° Cette *transformation* Ar‴ *inférieure ou martensitique*, distincte des deux précédentes par sa soudaineté, semble s'effectuer sans changement de concentration et progresser par sauts brusques.

Les produits de décomposition de la martensite instable risquent de se confondre avec la troostite aciculaire qui, d'ailleurs, peut également prendre naissance en même temps. Lorsque les trois transformations Ar′, Ar″ et Ar‴ sont suffisamment séparées, il en résulte *deux zones de stabilité relatives de l'austénite* entre Ar′ et Ar″ et entre Ar″ et Ar‴.

---

(4) A. Portevin, *Comptes rendus*, 165, 1917, p. 62.
(5) A. Portevin, *Comptes rendus*, 172, 1921, p. 964 et *Rev. Métall.* 18, 1921, p. 713.

CINÉTIQUE CHIMIQUE. — *Combustion hétérogène des mélanges d'oxyde de carbone et d'oxygène sur une surface vitreuse.* Note de M. **Marcel Prettre.**

Dès 550° C. les mélanges d'oxyde de carbone et d'oxygène sont capables de réagir selon deux mécanismes distincts. Ces mélanges se combinent le plus souvent selon un processus en chaînes essentiellement homogène, qui peut même donner lieu à un phénomène explosif particulier, l'inflammation aux basses pressions ([1]). Mais il se produit simultanément une oxydation hétérogène du combustible sur les parois du récipient contenant les réactifs.

Les réactions d'oxydation en chaînes sont fortement inhibées par les surfaces solides; cela permet de supprimer la transformation homogène en garnissant le récipient d'un remplissage compact de menus fragments de même substance que les parois ([2]). La réaction hétérogène subsiste seule et a alors une vitesse importante puisque la surface est très grande. Les travaux résumés dans la présente Note ont eu pour but l'étude de cette oxydation hétérogène des mélanges soigneusement desséchés d'oxyde de carbone et d'oxygène dans un récipient en verre pyrex rempli de fragments du même verre. Ce récipient a une surface de 2300^{cm^2} environ et un volume de 101^{cm^3}. Les mesures de vitesse ont été faites par la méthode statique habituelle ([3]). Elles ont fourni les résultats suivants :

1° Pour tout mélange d'oxyde de carbone et d'oxygène, la vitesse de réaction, à un instant donné de la transformation, est proportionnelle à la pression totale des réactifs.

2° Quand la pression totale ou la pression partielle de combustible demeure constante, la vitesse croît rapidement avec la pression partielle d'oxygène.

3° A pression totale constante des réactifs, la vitesse décroît lorsque la pression partielle d'oxyde de carbone augmente, et elle tend vers une valeur limite finie.

([1]) Kopp, Kowalsky, Sagulin et Semenoff, *Zts. phys. Chem.*, 6 B, 1930, p. 307; Hadman, Thompson et Hinshelwood, *Proc. Roy. Soc.*, 137 A, 1932, p. 87; 138 A, 1932, p. 297.

([2]) Hinshelwood et collaborateurs, *Proc. Roy. Soc.*, 118 A, 1928, p. 170; 119 A, 1928, p. 591.

([3]) Prettre, *Ann. Comb. liqu.*, 11, 1936, p. 669.

4° La présence de gaz carbonique dans les gaz diminue la vitesse. Cet effet inhibiteur est d'autant plus prononcé que le mélange des réactifs a une composition plus éloignée de celle du mélange équimoléculaire.

Pour des teneurs en combustible comprises entre 15 et 95 pour 100, la vitesse W de réaction satisfait durant tout le cours de la combustion, à l'une des relations

$$(1) \qquad W = k\frac{[(CO)+(O^2)].(O^2)}{(CO)+a.(CO^2)},$$

$$(2) \qquad W = k\frac{[(CO)+(O^2)].(CO)}{(CO)+a.(CO^2)},$$

où k est une constante ($10^3.k = 0,240 \pm 0,012$) et où (CO), (O^2) et (CO^2) désignent les pressions actuelles des réactifs et du gaz carbonique. La formule (1) est valable quand la pression d'oxygène est supérieure à celle du combustible, la formule (2) est vérifiée dans le cas contraire. Mais le coefficient a varie nécessairement, comme le pouvoir inhibiteur de l'anhydride carbonique, avec la composition initiale du mélange et prend les valeurs approchées

CO pour 100......	20.	30.	40.	50.	60.	67.	80.	90.
a (formule 1)....	5	3	3	2	–	–	–	–
a (formule 2)....	–	–	–	1	1,5	2	7	20

Ces valeurs différentes de a rendent les deux formules valables pour le mélange équimoléculaire. Il est manifeste que les oxydes du carbone sont préférentiellement adsorbés par le verre, que ces adsorptions se concurrencent entre elles et font obstacle à celle du comburant.

Les relations précédentes ne peuvent être expliquées par une réaction de surface se produisant entre les deux réactifs préalablement adsorbés. Il paraît nécessaire d'envisager la combinaison lors de collisions entre molécules adsorbées et molécules provenant de la phase gazeuse. Ce fait tend à confirmer les prudentes réserves faites par Hinshelwood (*loc. cit.*) au sujet de l'hétérogénéité de la réaction des mélanges $CO - O_2$ *secs*, quand la pression des réactifs est plus élevée que la limite supérieure du domaine d'explosion aux basses pressions.

Les résultats résumés dans la présente Note sont en accord qualitatif avec ceux antérieurement publiés (4) sur la réaction hétérogène des mêmes

(4) BODENSTEIN et OHLMER, *Zts. phys. Chem.*, 53, 1905, p. 166; BENTON et WILLIAMS, *J. Phys. Chem.*, 30, 1926, p. 1487.

mélanges au contact de la silice fondue. En particulier, Bodenstein et Ohlmer ont conclu eux aussi à l'existence de deux relations cinétiques, dont l'une est valable pour les fortes teneurs en combustible et l'autre pour les concentrations élevées en oxygène. La seule différence importante est que, dans le cas présent, la transformation est fortement ralentie par le gaz carbonique, qui est donc beaucoup plus énergiquement adsorbé par le verre pyrex que par la silice fondue.

CHIMIE GÉNÉRALE. — *L'influence de l'azote sur l'inflammation de l'éther diéthylique*. Note [1] de MM. **Jean Baron** et **Paul Laffitte**.

Nous avons déterminé par la méthode du pyromètre les températures d'inflammation spontanée de quelques mélanges éther-oxygène-azote aux pressions inférieures à 700^{mm} de mercure. Le pyromètre utilisé est un cylindre en verre pyrex de 20^{mm} de diamètre intérieur et de 120^{mm} de longueur. Les mélanges étudiés renferment tous la quantité d'oxygène nécessaire à la combustion complète, le rapport des pressions partielles de l'oxygène et de l'éther ayant la valeur $p_O/p_E = 6$. Seul le rapport $p_N/(p_O + p_E)$ (où p_N désigne la pression partielle de l'azote) varie et a, dans les quatre mélanges suivants que nous avons étudiés, les valeurs

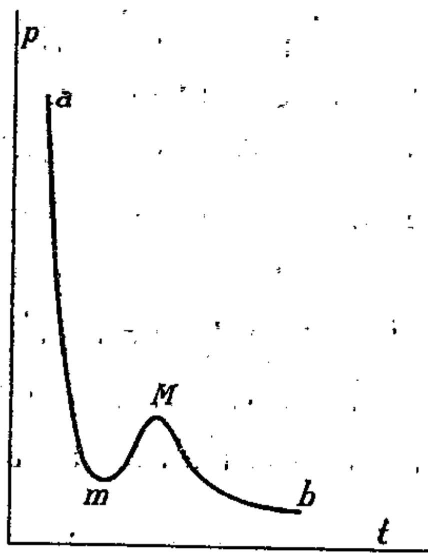
		$p_N/(p_O + p_E)$.
(I)	$C^4H^{10}O + 6O^2 + 22,56\,N^2$..........	3,22
(II)	$C^4H^{10}O + 6O^2 + 21\ N^2$..........	3,0
(III)	$C^4H^{10}O + 6O^2 + 17,5\ N^2$..........	2,5
(IV)	$C^4H^{10}O + 6O^2 + 14\ N^2$..........	2,0

Les courbes température d'inflammation-pression ont l'allure ci-contre. Mais dans aucun cas nous n'avons pu dépasser une température d'environ 270°. En effet, jusqu'au voisinage du maximum, la flamme observée (du type flamme froide) est d'une couleur bleue très nette; cependant au voisinage de la température correspondant au minimum m on observe une combustion périodique (double ou triple flamme). Mais au delà du maximum M les flammes sont de plus en plus pâles et il arrive un moment où il devient impossible de les distinguer nettement. D'autre part aux températures élevées le phénomène devient très difficilement reproductible, par suite probablement d'une modification de l'état de la paroi. C'est ainsi que pour le mélange I nous n'avons obtenu que la partie am de la courbe; pour le mélange II

(1) Séance du 1er mars 1937.

nous avons pu aller un peu au delà du minimum m; enfin pour les mélanges III et IV nous avons pu dépasser le maximum M. Les résultats sont parfaitement reproductibles tout le long de la courbe déterminée pour chaque mélange, mais à condition d'utiliser toujours le même pyromètre. Avec le mélange I nous avons fait une autre série de mesures en utilisant un autre pyromètre de dimensions identiques et provenant d'un même lot de tubes pyrex. Les résultats, parfaitement reproductibles entre eux jusqu'au voisinage du minimum m (comme avec le premier pyromètre) se situent avec une courbe légèrement différente. C'est donc l'état initial de la surface qui a, aux basses températures, une influence sur les résultats obtenus, car en reprenant les mesures, au bout d'un certain temps avec l'un des pyromètres, on retrouve les valeurs antérieures.

Les courbes obtenues montrent que, *lorsque la quantité d'azote diminue :*
1° la température et la pression du maximum sont abaissées.



2° la température du minimum ne varie pas (220-221°), mais la pression correspondante diminue;

3° la température d'inflammation (t° C) *croît* comme l'indiquent les résultats suivants :

$p_O + p_E$					
35mm	p_N	112,7	105	87,5	70
	t°C	204	205	206,5	208
70mm	p_N	225,4	200	175	140
	t°C	197	197,5	198	198,5
105mm	p_N	338,1	315	262,5	210
	t°C	191	192,5	194	195
140mm	p_N	450,8	420	350	280
	t°C	185	187,5	191	193
175mm	t°C	(179) (*)	182,5	188	193,5
	p_N	563,5	525	437,5	350

(*) Résultat extrapolé.

Ces résultats mettent en évidence l'action de l'azote sur l'inflammation de l'éther dans un sens conforme à la théorie des réactions en chaînes (²).

CHIMIE MINÉRALE. — *De l'influence des impuretés* SiO^2, Al^2O^3 *et* MgO *sur le point de fusion du carbure de calcium.* Note [1] de M. CHRISTIAN AALL, présentée par M. Georges Urbain.

Cette étude fait suite à la Note publiée par M. Georges Flusin et moi-même sur le diagramme de fusion du système CaC^2-CaO [2]. Nous avons étudié ensuite l'influence d'autres impuretés, telles que SiO^2, Al^2O^3 et MgO, sur le point de fusion du carbure de calcium.

Dans ce but, nous avons mesuré la température de fusion d'échantillons contenant, à côté de quantités connues de CaC^2 et CaO, une des impuretés SiO^2, Al^2O^3 ou MgO, en proportions variables. Ces échantillons provenaient d'essais précédents, faits pour déterminer la solubilité des trois oxydes dans le carbure [3].

On constate que la présence d'un des oxydes rend toujours le carbure plus fusible, conformément à l'hypothèse de Schlumberger [4] et contrairement à ce que pensait Moissan [5] sur l'influence de la magnésie.

Dans les trois courbes ci-dessous l'abscisse est la teneur en oxyde et l'ordonnée l'abaissement du point de fusion.

Ces courbes n'ont pas la même forme. Pour la silice, l'abaissement du point de fusion est assez faible : il atteint 40° pour 1,5 de SiO^2 pour 100 et reste ensuite constant pour des teneurs plus fortes. Pour la magnésie, il atteint 80° pour 0,50 de MgO pour 100, suit ensuite un palier jusqu'à la teneur de 1 pour 100, et retombe finalement à zéro pour des teneurs plus fortes. Enfin l'alumine produit un abaissement assez important, allant jusqu'à 160° pour 3,20 de Al^2O^3 pour 100, et diminuant ensuite lentement.

(²) N. SEMENOFF, *Chemical Kinetics and Chain Reactions*, 1 vol. Oxford, 1935; M. PRETTRE, *Réactions en chaînes* (*Actualités scientifiques et industrielles*, Paris, 1re partie, 1936; 2e partie, 1937).

(¹) Séance du 15 février 1937.

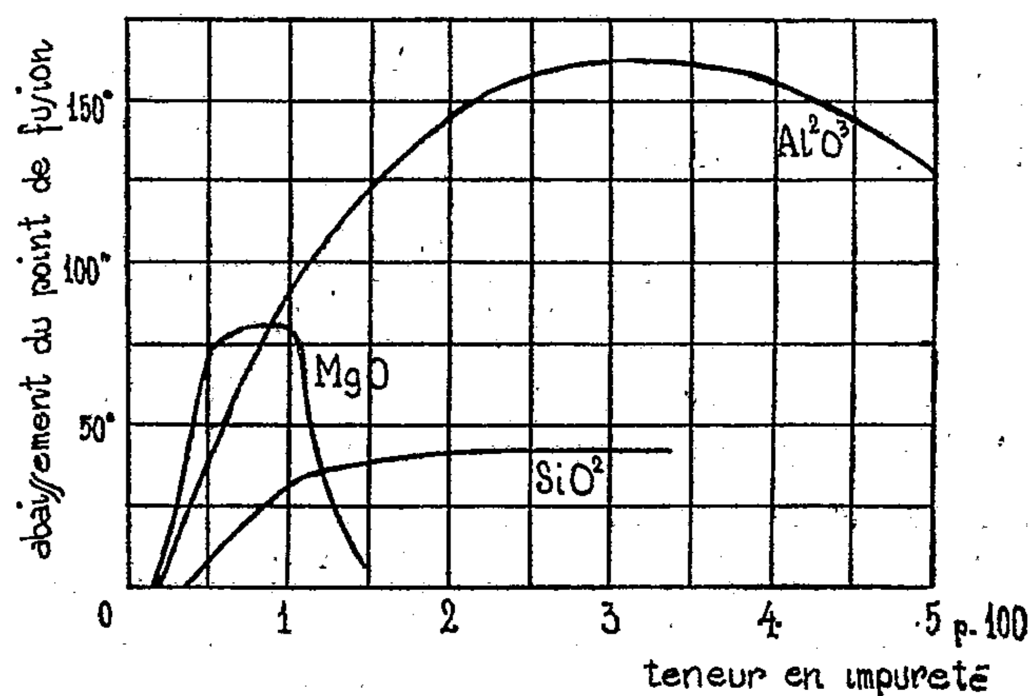
(²) *Comptes rendus*, 201, 1935, p. 451.

(³) *Comptes rendus*, 203, 1936, p. 1259.

(⁴) *Zeitschr. angew. Chem.*, 34, 1926, p. 213.

(⁵) *Le Four électrique*, p. 294.

L'abaissement du point de fusion du carbure est vraisemblablement dû à la formation de silicates, aluminates et mélanges $CaO - MgO$ plus fusibles que la chaux pure; les aluminates très fusibles donnent un maximum d'abaissement.



La forme amortie des trois courbes, et en particulier celle de la magnésie s'annulant pour de fortes teneurs en impureté, peut s'expliquer par la substitution de celle-ci à la chaux libre du carbure, augmentant ainsi le rapport $CaC^2/(CaC^2 + CaO)$, et par conséquent le point de fusion. Cet effet, qui s'oppose à l'action fondante de l'impureté, est peu sensible à de faibles teneurs, mais prend de l'importance pour des teneurs plus fortes, et arrive même à annuler l'abaissement.

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur le chlorure cobaltique*. Note de Mlle **Denise Hibert** et M. **Clément Duval**, présentée par M. Georges Urbain.

Au cours d'une étude générale sur la coloration des sels cobalteux, l'un de nous a signalé [1] l'existence du chlorure cobaltique qui avait été préparé vraisemblablement, en solution, par différents expérimentateurs : Winkelblech [2], Meyer et Best [3], Schall [4].

---

(1) *Comptes rendus*, 200, 1935, p. 934.
(2) *Liebig's Annalen*, 13, 1835, p. 260.
(3) *Z. anorg. Chem.*, 22, 1899, p. 189.
(4) *Z. für Elektroch.*, 38, 1932, p. 27.

Le chlorure cobaltique prend naissance en dirigeant un courant de chlore sec sur le chlorure cobalteux anhydre, à la température ordinaire. La réaction est limitée par l'opération inverse.

On peut aussi faire l'électrolyse d'une solution de gaz chlorhydrique dans l'éther absolu, en utilisant une spirale de cobalt comme anode. Celle-ci est contenue dans un entonnoir d'analyse à plaque de verre fritté jouant le rôle de paroi poreuse; la cathode est une lame de cuivre; l'ensemble est disposé dans l'obscurité, à 0°. Le chlorure cobaltique formé reste dissous dans l'éther. On l'isole comme il est dit plus loin. Le rendement est fortement diminué, si l'on opère, comme l'ont fait nos prédécesseurs, avec une solution alcoolique de gaz chlorhydrique. L'alcool, même absolu, décompose rapidement le produit formé. En circuit ouvert, le cobalt n'est pas attaqué par la solution chlorhydrique éthérée; ce fait nous semble digne de remarque; une telle solution n'attaque pas non plus le sodium, le marbre, etc. Nous pensons que le gaz chlorhydrique et l'éther donnent un complexe où le chlore est dissimulé.

Le procédé le plus pratique pour obtenir de grandes quantités de chlorure cobaltique consiste à envoyer un courant de gaz chlorhydrique sec sur de l'oxyde cobaltique fraîchement préparé, soit par action de potasse sur un sel de cobaltiammine, soit par action d'un hypobromite sur un sel cobalteux. L'oxyde est disposé sous une couche d'éther absolu, maintenu vers — 5° et à l'obscurité. Des précautions sont prises pour empêcher l'accès de la vapeur d'eau atmosphérique. Quand le gaz chlorhydrique cesse d'être absorbé, une partie du chlorure cobaltique est précipitée, l'autre est en solution éthérée. Toujours à l'obscurité, on aspire l'excès d'acide et d'éther avec la trompe à eau munie de deux colonnes à chlorure de calcium. Le chlorure cobaltique se présente alors sous forme d'une poudre vert sombre immédiatement décomposée par l'eau en excès, avec production de chlorure cobalteux rose $Cl^2[Co(H^2O)^6]$. Une minime quantité d'eau donne l'hydrate violet $[CoCl^3(H^2O)^3]^2Co$. On réalise facilement cette opération en faisant l'évaporation précédente, sans précaution, avec une trompe à eau. Dans un vide plus poussé ou bien à la température ordinaire et à la lumière, il perd du chlore et se transforme en chlorure cobalteux anhydre Cl^2Co. L'exposition à l'air humide donne d'abord l'acide bleu $[CoCl^3(H^2O)^3]H$ découvert par l'un de nous (⁵). Il en est encore ainsi, avec la plupart des réactifs pris en solution aqueuse;

(⁵) CLÉMENT DUVAL, *Comptes rendus*, 200, 1935, p. 2175.

l'iodure de potassium est oxydé sous l'action simultanée du chlore et du cobalt qui passe à la bivalence.

Pour l'analyse, le chlorure est dissous dans l'acide sulfurique, en vue du dosage du cobalt par électrolyse, et, une autre portion est attaquée par l'acide azotique, pour effectuer le dosage du chlore sous forme de chlorure d'argent.

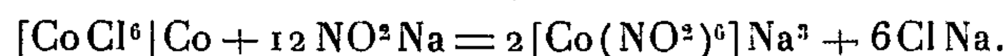
Calculé pour Cl^3Co : Co 35,64; Cl 64,35. Trouvé : Co 35,64; Cl 64,18.

Mais, au-dessous de — 60°, le corps obtenu se transforme, sans résidu et sans dégagement gazeux, en une variété jaune pâle et d'une façon réversible. On peut alors se demander si la forme vert émeraude que nous avons préparée n'est pas le dimère de la formule établie, par analogie avec les chlorures d'aluminium, de chrome et de fer trivalents.

Un essai de migration d'ions effectué suivant la méthode déjà décrite ([5]) sur la solution verte éthérée, a donné tout le chlore à l'anode et du cobalt dans chaque branche. Nous avons bien affaire à un polymère. Dans un autre essai, le contenu de la branche anodique est partagé en deux; sur l'une des moitiés, le cobalt apparu est dosé par la méthode au sulfocyanure à l'aide du colorimètre Duboscq; sur l'autre moitié, le chlore est précipité, par électrotitrimétrie, à l'aide d'une solution N/1000 d'azotate d'argent. Le rapport anodique Co/Cl est toujours égal à 1/6. La formule exacte du corps vert obtenu est donc celle d'un cobaltichlorure cobaltique $[CoCl^6]Co$ du type autocomplexe.

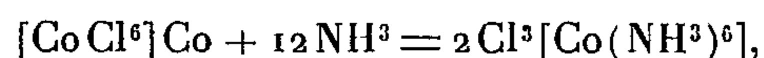
Nous avons dit que ce corps est très instable et son instabilité tient à une double cause : il renferme du cobalt trivalent dans le cathion et un acide fort dans son anion; il doit se prêter, par suite, à une foule de réactions pour lesquelles il est inutile de l'isoler. On peut, comme dans le cas des composés organo-magnésiens, traiter la solution éthérée par le réactif convenable, en prenant les mêmes précautions contre l'humidité et des précautions supplémentaires contre la lumière. Les réactions étudiées jusqu'ici se rangent en deux groupes : 1° celles où le chlore est remplacé par des radicaux négatifs plus faibles, ce qui nous conduit à une méthode générale d'obtention des cobaltisels. A titre d'exemple, la solution éthérée du cobaltichlorure cobaltique, débarrassée de l'excès de gaz chlorhydrique, est traitée progressivement par la quantité convenable de nitrite de sodium sec jusqu'à ce que la teinte verte disparaisse. Le cobaltinitrite de sodium se forme avec un rendement de 70 pour 100 (par rapport au cobalt mis en

œuvre initialement)



$$[CoCl^6]Co + 12NO^2Na = 2[Co(NO^2)^6]Na^3 + 6ClNa.$$

On élimine le chlorure de sodium en reprenant le tout par l'eau et reprécipitant le sel complexe par l'alcool absolu; 2° celles où le chlore est remplacé par des groupements d'électrovalence nulle, ce qui nous conduit à une préparation générale des sels du type lutéocobaltique. Ainsi, la solution verte, privée comme plus haut, de l'excès d'acide chlorhydrique, est soumise à l'action d'un courant de gaz ammoniac sec, refroidi à 0°. Il se forme instantanément, le chlorure de cobaltihexamine



$$[CoCl^6]Co + 12NH^3 = 2Cl^3[Co(NH^3)^6],$$

reconnaissable à sa teinte jaune et à ses précipités caractéristiques de chromate et de pyrophosphate.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur la formation des dérivés acétoniques des mercaptals.* Note de M. **René Sutra**, présentée par M. Georges Urbain.

Les dérivés acétoniques des mercaptals ont été isolés, ces dernières années, par Pacsu (¹), Pacsu et Kary (²) et Pacsu et Löb (³). Ces auteurs ont ainsi préparé les diacétone-*d*-glucose-dibenzylmercaptal, diacétone-*d*-mannose-diéthylmercaptal, diacétone-*d*-mannose-dibenzylmercaptal, et diacétone-*d*-galactose-dibenzymercaptal en faisant réagir l'acétone sur le mercaptal correspondant en présence d'acides chlorhydrique ou sulfurique, ou de sulfate de cuivre anhydre; ces composés se présentent sous forme sirupeuse.

J'ai étudié l'action de l'acétone sur le *d*-glucose-diéthylmercaptal; celui-ci est peu soluble dans l'acétone (environ $0^g,3$ pour 100^{cm^3} de solvant), son pouvoir rotatoire dans l'acétone est $(\alpha)_{578} = +5°$ (d'après une lecture de $+0°,06$ au tube de 40^{cm}); ce pouvoir rotatoire ne varie pas en fonction du temps. J'ai remarqué qu'une très faible proportion d'acide sulfurique (⁴) solubilise des quantités importantes de *d*-glucose-diéthylmer-

(¹) *Ber. d. chem. Ges.*, 57, 1924, p. 849.
(²) *Ber. d. chem. Ges.*, 62, 1929, p. 2811.
(³) *Ber. d. chem. Ges.*, 62, 1929, p. 3104.
(⁴) Dans les différentes préparations de dérivés acétoniques où l'acide sulfurique est employé comme catalyseur, la quantité d'acide utilisé est relativement grande (environ 2^g pour 100^{cm^3} d'acétone).

captal ($0^g,04$ SO^4H^2 suffit à dissoudre 10^g de produit dans 100^{cm^3} d'acétone anhydre). Le pouvoir rotatoire spécifique d'une telle solution évolue jusqu'à $(\alpha)_{578} = -62°$, soit une variation de plus de 60°, ce qui indique une condensation du glucose-diéthylmercaptal avec l'acétone en présence d'acide sulfurique comme catalyseur.

L'acide sulfurique est neutralisé par du carbonate de baryum; après filtration, l'excès d'acétone est éliminé; il reste un sirop non distillable sous pression réduite, constitué par le diacétone-*d*-glucose-diéthylmercaptal. Son pouvoir rotatoire spécifique est $(\alpha)_{578} = -48°$.

Ce produit est peu stable, abandonné à l'air, il se prend peu à peu en gelée dans laquelle du *d*-glucose diéthylmercaptal peut être extrait. Je n'ai pas réussi à éliminer la fonction mercaptal sans toucher aux groupements acétoniques; j'ai essayé l'oxyde mercurique; il y a bien formation de diéthylmercaptide, ce qui indique la libération de la fonction aldéhydique; mais l'oxyde mercurique joue également le rôle d'oxydant et transforme la fonction aldéhydique en fonction acide. Le cyanure de mercure est sans action.

Quoique la solubilité du *d*-glucose-diéthylmercaptal dans l'acétone soit faible, j'ai pu étudier la formation du diacétone-*d*-glucose-diéthylmercaptal par la variation du pouvoir rotatoire en fonction du temps.

Les résultats suivants se rapportent à des expériences effectuées au tube de 40^{cm}; la solution utilisée contient $0^g,320$ de *d*-glucose-diéthylmercaptal pour 100^{cm^3} d'acétone.

SO^4H^2 : $0^g,1$ *pour* 100^{cm^3} *d'acétone.*

t....	0.	1^m30.	3^m.	7^m.	10^m.	14^m.	20^m.	29^m.	45^m.	55^m.	∞.
α....	+0°,06	−0°,12	−0°,15	−0°,21	−0°,24	−0°,32	−0°,39	−0°,48	−0°,58	−0°,64	−0°,79

$0^g,01$ *pour* 100^{cm^3} *d'acétone.*

t....	0.	2^m.	10^m.	29^m.	47^m.	4^h.	7^h.	23^h.	48^h.	95^h.	∞.
α....	+0°,06	+0°,04	−0°,01	−0°,06	−0°,09	−0°,16	−0°,22	−0°,42	−0°,48	−0°,72	−0°,77

Le calcul montre que cette réaction n'est pas du premier ordre.

Il est intéressant de remarquer la facilité avec laquelle l'acétone se combine avec le *d*-glucose-diéthylmercaptal, tandis que la même opération avec le glucose est beaucoup plus difficile; à la concentration de $0^g,1$ SO^4H^2 pour 100^{cm^3} d'acétone; le pouvoir rotatoire d'une solution saturée de glucose ne varie que très faiblement (quelques centièmes de degrés) au bout de plusieurs jours.

J'ai aussi suivi la variation du pouvoir rotatoire en fonction du temps au cours de la formation du diacétone-*d*-mannose-diéthylmercaptal.

Les résultats suivants se rapportent à une expérience effectuée au tube de 40^{cm} avec une solution contenant $0^g,284$ de *d*-mannose-diéthylmercaptal pour 100^{cm^3} d'acétone en présence de $0^g,1$ d'acide sulfurique.

t...	0.	$1^m 1/2$.	3^m.	5^m.	7^m.	12^m.	$1^h 40^m$.	24^h.	∞.
α..	+0°,09	+0°,06	+0°,04	+0°,06	+0°,08	+0°,11	+0°,23	+0°,40	+0°,48

Il y a lieu d'indiquer une anomalie : le pouvoir rotatoire passe par un minimum au début de l'expérience; cette observation est vraisemblablement à rapprocher du fait que le pouvoir rotatoire spécifique du diacétone-2, 3, 5, 6-*d*-mannofuranose dans l'eau est initialement $(\alpha)_D = +11°9$, décroît peu à peu jusqu'à $-6°$, puis croît ensuite jusqu'à la valeur finale $+1°,1$ [5].

MINÉRALOGIE. — *Sur un mode spécial d'altération de l'anorthite en une variété calcique de thomsonite.* Note de Mlle **SIMONNE CAILLÈRE.**

Dans la péridotite serpentinisée de Ras-Bassit, Syrie, M. Dubertret a recueilli une roche blanche, ayant l'apparence d'un minéral homogène, possédant de beaux clivages moirés et formant des filons très nombreux et minces qui peuvent atteindre 80^{cm}. Il est impossible, par les seuls caractères extérieurs, de la rattacher à une espèce connue; j'en ai donc entrepris l'étude complète.

L'examen microscopique de la plaque mince permet de constater que ce produit, malgré son aspect homogène, est formé de deux minéraux. Au premier abord le plus réfringent ($n = 1,58$) semble être de l'anorthite. Il est en voie de transformation en un minéral d'indice sensiblement plus bas ($n = 1,51$) et de biréfringence plus faible. Ce dernier a paru appartenir au groupe des zéolites. La préparation révèle en outre la présence d'un peu de sphène.

L'analyse chimique globale conduit aux résultats suivants :

SiO^2 40,14; Al^2O^3 29,71; Fe^2O^3 1,20; TiO^2 0,66; CaO 17,45; K^2O 0,94; Na^2O 1,11; H^2O — 0,24; H^2O + 8,11; Total 99,56,

qui représentent la composition d'une anorthite hydratée.

J'ai essayé d'isoler chacun des deux constituants afin de pouvoir les identifier avec certitude. Un essai de séparation par les liqueurs lourdes a

(5) IRVINE et SKINNER, *Jour. Chem. Soc. London*, 1926, p. 1089.

permis d'éliminer le sphène et de diviser le reste en deux parties : l'une de densité comprise entre 3,33 et 3,28 et l'autre inférieure à 3,28. La portion lourde, traitée par l'acide chlorhydrique à 50 pour 100, laisse un résidu qui, examiné aux rayons X, par la méthode de Debye et Scherrer, donne le diagramme de l'anorthite. Ce minéral correspond au constituant le plus lourd, le plus réfringent, et le moins attaquable.

Il restait à déterminer le minéral le plus léger et le moins réfringent. J'ai pensé que la méthode la mieux adaptée à son identification était l'analyse thermique. Celle-ci, faite sur la poudre de la roche, en utilisant l'appareil Saladin-Le Chatelier, fournit une courbe présentant des inflexions endothermiques à 400° et à 550° et un crochet exothermique faible à 950°. Cette courbe, très caractéristique des zéolites du groupe de la thomsonite, ne peut être rapportée qu'au second minéral; l'anorthite chauffée dans les mêmes conditions ne mettant en évidence aucune transformation. Il s'agit, comme le montre l'analyse chimique, d'une variété calcique de thomsonite : la farœlite dont la biréfringence est beaucoup plus faible que celle de la thomsonite normale ([1]).

L'ensemble de ces méthodes permet donc d'identifier complètement cette roche et l'analyse chimique, ainsi interprétée, indique le pourcentage suivant des différents constituants : farœlite 66 pour 100; anorthite 30 pour 100; sphène 2 pour 100.

Cette étude est intéressante car elle a permis l'identification d'une variété calcique de thomsonite assez rare et, d'autre part, elle révèle son mode de formation aux dépens de l'anorthite. Si une telle transformation d'un feldspath en zéolite est fréquente ([2]) il est rare qu'elle se produise sur des masses aussi importantes.

Enfin cette étude minéralogique, intéressante au point de vue de la genèse de la zéolite, l'est également au point de vue de la géologie de l'ensemble de la région. Ces filons se trouvent dans une péridotite serpentinisée, il y a lieu de penser que l'anorthite constituant primitivement ces filons, a subi une hydration résultant de l'action de venues hydrothermales qui ont produit en même temps la serpentinisation de l'olivine. Ces deux phénomènes d'hydration de minéraux préexistants : anorthite et olivine, semblent donc avoir une même origine.

([1]) H. Hey, *The Mineralogical Magazine*, n° 17, 24, 1932, p. 85.

([2]) Ch. R. Van Hise, *A Treatise on Metamorphism*, p. 259.

GÉOLOGIE. — *La série paléozoïque de l'Adrar n'Dgout (Atlas de Marrakech)*. Note [1] de M. **Marcel Gigout**, présentée par M. Charles Jacob.

L'Adrar n'Dgout (2850^{m}) domine immédiatement à l'Est le col du Tichka, où la grande route de Marrakech à l'oued Drâ franchit la chaîne du Haut-Atlas.

MM. L. Moret et L. Neltner [2] y ont déjà signalé la présence du Dévonien à *Phacops* et à *Hercynella*, ainsi que celle, plus problématique et non prouvée par des fossiles, de Silurien.

Une grande partie des matériaux que j'y ai recueillis en compagnie de M. Éd. Roch, doivent leur détermination à MM. P. Pruvost et G. Waterlot.

La coupe du flanc occidental de cette montagne montre les niveaux suivants, de bas en haut :

1° Grès, à grain grossier, souvent conglomératiques, mais compacts, mal lités, de teinte grise, quelquefois rosée en surface, formant barre (100^{m} environ). Leur partie supérieure renferme des Graptolithes conservés en relief, appartenant au groupe de *Monograptus runcinatus* Lapw. var. *pertinax* Elles and Wood, du Tarannon le plus inférieur (détermination de M. G. Waterlot).

2° Schistes et grès en bancs minces (en alternances sur quelques mètres);

3° Schistes argileux noirs, au toucher gras, bien stratifiés (100 à 150^{m}). — A. Dans cette formation, à une vingtaine de mètres au-dessus des grès 1, M. G. Waterlot a identifié les Graptolithes suivants, couvrant des plaques entières que je lui ai soumises : *Monograptus Flemingii* Salter, *M. vulgaris* Wood, M. *dubius* Suess, *Cyrtograptus Lundgreni* Tullberg, dont l'association caractérise le sommet du Wenlock. — B. A leur partie supérieure, les schistes argileux noirs avec nodules calcaires renferment des Orthocères et *Cardiola interrupta;* des lentilles très minces d'un schiste calcareux gris m'ont fourni *Phacops Volborthi* Barr., Trilobite caractéristique, en Bohême, du Gothlandien supérieur (Ee^{2}).

4° Calcaire à entroques noir (deux ou trois bancs d'épaisseur totale de 1^{m}) ayant livré des fossiles nombreux et bien conservés. Les uns caractérisent encore le niveau Ee^{2} : *Platyceras exsurgens* Barr., *Orthonychia anguis* Barr. ainsi que sa variété *curta* Barr., *Panenka bohemica* Barr. D'autres ne se trouvent en Bohême

---

(1) Séance du 1er mars 1937.

(2) Léon Moret, *Recherches géologiques dans l'Atlas de Marrakech (Service des Mines et de la Carte géologique du Maroc*, Notes et Mémoires, n° 18, Rabat, 1931, p. 81).

qu'à partir du calcaire de Lochkov : *Hercynella bohemica* Barr., et surtout *Spirifer inchoans* Barr. dont je dois l'identification à M. P. Pruvost.

5° Argile grise à *Cheirurus Sternbergi* Bœck et *Phacops* cf. *miser* Barr. (5m).

6° Calcaire jaune clair, noduleux, avec passées marneuses, succédant sans traces de ravinement et sans conglomérat aux argiles, à nombreux Orthocères et *Kralovna metuenda* Barr., *K. amabilis* Barr., *Panenka contraria* Barr., de l'Eifélien (déterminations de M. G. Waterlot) (20m).

7° Schistes gréseux, micacés, d'un vert terne, à nodules; les fossiles recueillis ne permettent pas de savoir s'il s'agit encore de Dévonien ou de Viséen (60m).

8° Grès rouges, conglomératiques, dits permo-triasiques (en discordance).

En résumé, dans la succession stratigraphique, le Gothlandien franc est représenté par le Tarannon, le Wenlock supérieur, et l'horizon Ee2 du Ludlow. Le niveau e_γ (= Ff1 de Barrande), c'est-à-dire le Downton (ou Gédinnien) sous son facies bohémien (= calcaire de Lochkov), est reconnu pour la première fois au Maroc. Comme en Bohême, il passe insensiblement vers le bas au Ludlow, et la limite ne peut être tracée que par les faunes. La position du niveau à *Cheirurus* demeure imprécise : Gédinnien ou même déjà Coblencien. L'Eifélien est net. Enfin, l'on ne sait pas encore à quoi correspondent les schistes 7. On peut formuler à ce sujet trois hypothèses : *a.* ils représentent encore l'Eifélien; *b.* il s'agit de Givétien, de Dévonien supérieur, ou peut-être même de Tournaisien; l'existence d'un seul de ces étages serait un fait très nouveau, puisque leur absence par lacune est admise aujourd'hui dans le Haut-Atlas ([3]); *c.* il s'agit du Viséen, connu depuis longtemps transgressif en de nombreux points de la chaîne.

L'analogie de la série de l'Adrar n'Dgout avec les termes équivalents du synclinal barrandien est frappante. Les associations paléontologiques sont identiques à celles que l'on observe dans la coupe du *vallon noir* de Kosoř, telle que l'interprètent les auteurs modernes ([4]), où le Coblencien, puissant de 200m à Koněprusy, se réduit à 6m de calcaires en plaquettes. Dès lors il existe encore des chances de découvrir le Coblencien au sein des 5m d'argiles du niveau 5.

([3]) Henri Termier, *Études géologiques sur le Maroc Central et le Moyen Atlas septentrional* (*Thèse*, Rabat, 1936, 4, dépliants VII, VIII, IX, X),

([4]) O. Kodym et J. Koliha, *Bull. Serv. géol. Rep. Tchékosl.*, 4, II 1928, p. 27 et p. 7, fig. 2.

GÉOLOGIE. — *Le Trias de la feuille de Phu-Tinh-Gia (Nord-Annam).* Note [1] de M. **Edmond Saurin**, présentée par M. Charles Jacob.

La région située aux confins des provinces de Vinh et Thanh-Hoa (Nord-Annam), étudiée par M. Ch. Jacob en 1921 [2], constitue le prolongement de la zone laotienne du Nam Sam et si l'on envisage surtout les terrains sédimentaires plissés qui la constituent et qui affleurent avec une large extention sur la feuille au 100.000e de Phu-Tinh-Gia, seule visée dans cette Note, représente la terminaison S.-E. du Synclinal triasique de Sam-Neua.

Au point de vue stratigraphique, les sédiments de cette zone comprennent des conglomérats, des calcaires, et surtout des schistes et schistes gréseux, ensemble dont l'âge triasique avait été établi par M. Ch. Jacob.

Les conglomérats forment des paquets et des bandes discontinus, localement intercalés dans la série schisto-gréseuse. Surtout formés de galets de quartz, ils contiennent aussi des fragments de quartzites et de lydiennes provenant très probablement de massifs hercyniens limitrophes. Au Bu Dôn j'ai noté dans ces conglomérats la présence d'un fragment de polypier (*Thecosmilia* sp ?).

Les calcaires, en bancs et en amandes d'importances diverses, sont également intercalés dans les terrains schistogréseux et semblent bien représenter aussi un faciès sédimentaire apparaissant à différents niveaux. De couleur noire, ces calcaires contiennent assez souvent de petits gastropodes et, entre Dong Van et Quan Son, des individus de plus grande taille (*Naticopsis* sp). En ce dernier point, ils prolongent sans doute ceux de Quan Moc, sur la feuille voisine de Phu Dien, dont la faune de gastropodes avait été signalée par J. Deprat [3].

Les schistes et schistes gréseux, formant la masse principale des terrains de cette région, m'ont donné quelques points fossilifères nouveaux :

Dans le territoire de La Lu, près du hameau de Dong-Trieng, à 3km à l'Ouest du gisement de Xom-Nhuong découvert par M. Ch. Jacob (*loc cit.*, p. 66), un synclinal de schistes gréseux, fortement accusé, encadré par des rhyolites, contient dans ses couches de base : *Myophoria Goldfussi* v. Alb,, *M.* cf. *inæquicostata* Klipst., *Pecten discites*

---

(1) Séance du 1er mars 1937.

(2) *Bull. Serv. Géol. Indochine*, Hanoï, 10, 1, 1921, p. 62-99.

(3) J. Fromaget, *Comptes rendus*, 199, 1934, p. 762.

Schloth., *Lima* cf. *austriaca* Sittn., *L.* cf. *striata* Schloth., *Anodontophora tonkinensis* Mansuy, *Mysidioptera* sp.; et, dans ses couches légèrement supérieures : *Myophoria Goldfussi* V. Alb,, *Pecten discites* Schloth., *Ceratites* sp. jeunes.

A Ky-Ba, au Sud-Est de La Lu, les schistes présentent *Orthoceras campanile* Mojs., *Ceratites Phât* Mansuy (= *C. trinodosus* var.), *C.* cf. *Abichi* Mojs., *Posidonomya* sp.

A Nhu-Lang, près du hameau de Dong-Len, les schistes formant le talus de la nouvelle route de Bai Thuong à Nhu Xuan renferment *Ceratites* sp. jeunes et *Posidonomya* sp. (la même que dans le gisement précédent).

Enfin au Sud-Est de la feuille de Phu-Tinh-Gia, les schistes de la région de Quan Son-Khoa Truong, desquels J. Deprat [4] avait signalé *Ceratites Phât* Mans., *Gervilleia* sp., *Posidonomya* sp., m'ont effectivement donné, plus au Nord, entre Dong-Van et Quan-Son, *Ceratites Phât* Mans. et de jeunes Ammonoïdés peu déterminables.

Ces nouveaux points fossilifères indiquent le Virglorien, comme les gisements précédemment découverts par M. Ch. Jacob dans ces mêmes schistes et schistes gréseux.

Ainsi, à l'exception de quelques calcaires noriens connus à l'extrême Sud-Est de la feuille, près de Khoa Truong, prolongement des calcaires à Térébratules de Hoang Mai [5], l'ensemble schisto-gréseux avec épisodes détritiques et calcaires de la zone du Nam-Sam, affleurant sur la feuille de Phu-Tinh-Gia, semble se rapporter uniquement au Virglorien.

Dans la partie médiane du synclinal de Sam-Neua, L. Dussault [6] a de même établi, avec l'existence du Norien, la prédominance du Virglorien. alors que l'extrémité nord-ouest de ce synclinal ne présente que du Carnien et du Norien [7].

Au point de vue structural, cette zone, serrée entre le massif du Pou Huat, hercynien et anté-hercynien, et la zone primaire du Bas Thanh-Hoa, présente l'allure extrêmement plissée définie par M. Ch. Jacob qui y soupçonnait aussi des dislocations. J'ai pu y noter en effet une faille importante que jalonne en deux points, à Lim Coc et au Nui Song, l'apparition d'affleurements réduits de porphyrites andésitiques.

Cet accident paraît traverser la feuille de Phu-Tinh-Gia selon une direction NW-SE reliant les rhyolites du Bu Sang, près La Lu, aux dacites de Hoang Mai, sur la feuille de Phu Dien.

---

(4) J. Deprat, *Mém. Serv. Géol. Indochine*, 2, 1913, p. 32.
(5) J. Fromaget, *Bull. Serv. Géol. Indochine*, 14, fasc. 2, 1927, p. 181.
(6) *Bull. Serv. Géol. Indochine*, 9, fasc. 2, 1920, p. 49.
(7) J. Fromaget, *Comptes rendus*, 199, 1934, p. 962.

PALÉONTOLOGIE. — *Sur l'évolution morphologique très récente d'un groupe d'Ongulés archaïques, les Damans.* Note de M. **Léonce Joleaud**, transmise par M. Charles Jacob.

Les Damans actuels forment la famille des Procaviidés ou Hyracidés, qui comporte exclusivement des formes de médiocres dimensions, un peu plus grosses qu'un Lièvre. Le facies synthétique de ces animaux est remarquablement accusé, comme le révèlent les analogies qu'ils présentent avec les Rhinocéros, les Équidés de l'Éocène supérieur (*Paloplotherium*, *Anchilophus*, *Palæotherium*), les Condylarthres de l'Éocène inférieur (*Pleuraspidotherium*, *Orthaspidotherium*, *Meniscotherium*), les Éléphants et les Notongulés archaïques (Typothériens éooligocènes : *Eohyrax*, *Archæohyrax* etc.), subsidiairement avec les Rongeurs, les Carnivores, les Lémuriens et même les Marsupiaux (Wombats).

La famille voisine des Saghathériidés compte des genres bunodontes (*Geniohyus*, *Bunohyrax*), comparables aux Anthracothériens oligomiocènes (*Brachyodus*) et des types lophodontes (*Saghatherium* grand comme un Mouton, *Megalohyrax* de la taille d'un petit Tapir), assez analogues aux mêmes Équidés archaïques que certains Damans. Enfin un genre aussi oligocène, *Arsinoïtherium*, apparenté à tous ces Hyracoïdes, est comparable par la force et l'aspect aux Rhinocéros, quoique affine aussi des Titanothériens éooligocènes et surtout des Amblypodes (*Coryphodon* de l'Éocène inférieur, *Uintatherium* de l'Éocène moyen).

L'ensemble des Hyracoïdes a donc atteint son maximum de taille et de polymorphisme à l'Oligocène. Les Damans en particulier sont certainement plus archaïques que leurs grands congénères : véritables « fossiles vivants », dont la différenciation remonte sans doute à l'Éocène inférieur, ces petits Mammifères ont été qualifiés très heureusement par P. Teilhard de Chardin [1] de survivants de la faune qui a peuplé la Terre avant l'essor des Périssodactyles (Rhinocéros, Équidés, Titanothériens, Tapirs) et des Artiodactyles (Pachydermes, Anthracothériens, Ruminants); ils représentent ainsi parmi les Ongulés actuels le stade des Préongulés (Condylarthres, Amblypodes).

---

(1) *Les Mammifères de l'Éocène inférieur français* (*Thèse Fac. Sc. Paris*, 1922, p. 46-47).

Les Damans, dont le facies éocène est ainsi bien démontré et qui comptent par conséquent parmi les plus vieux Euthériens vivants offrent néanmoins une plasticité morphologique très marquée. Au Quaternaire récent, comme aujourd'hui, leurs principaux caractères manquaient de fixité : un *Procavia* intermédiaire entre trois formes géographiques actuelles, rappelant par sa dentition *P. abyssinica* Ehrenb. (Érythrée), par son occipital *P. Erlangeri* Thom. (Somalie) et par son paraoccipital *P. Mackinderi* Thom. (Kenia) (²), date en effet du début de la période postpluviale du Mésolithique Makalien (Elmenteitien) du Kenia, période contemporaine d'un type humain analogue à celui des indigènes Massäi du pays et synchronique du Capsien-Tardenoisien nord-africain.

Non seulement les types géographiques actuels des Damans de l'Afrique orientale n'étaient donc pas encore fixés au Quaternaire récent, mais même maintenant ce groupe se montre affecté d'une grande malléabilité morphologique. Le crâne des Hyrax modernes offre une ampleur de variation supérieure à celle qui s'observe généralement chez les Mammifères pour des individus de même sexe et d'âge comparable : l'inconstance spécifique porte notamment sur les dimensions des os, la fréquence des fontanelles, la fermeture des orbites, la longueur du diastème, l'aspect de la crête temporale, la largeur du processus lacrymal, la position du foramen lacrymal, la longueur et le degré d'usure des dents. Cette si remarquable absence de fixité actuelle de la morphologie crânienne des Desmans se manifeste aussi bien chez les types rupicoles (*Procavia*, *Heterohyrax*) à dents de Rhinocéros, que dans les formes arboricoles (*Dendrohyrax*) à dents d'Équidés archaïques. Enfin la dichromisation du pelage a été reconnue chez des *Procaria* de Syrie (Aharoni), des *Heterohyrax* du Sahara central (Heim de Balsac et Begouen) et des *Dendrohyrax* du Congo (Brauer) (³).

La diversité des milieux auxquels sont adaptés les Hyracoïdes vivants révèle donc une aptitude adaptative de ces animaux en harmonie avec la malléabilité morphologique du crâne, si constant de forme pourtant chez la plupart des Euthériens, et aussi avec un dimorphisme de couleur remarquable, la robe étant il est vrai assez variable de teinte chez certains Mammifères. Un fait non moins remarquable de la biologie des Hyracoïdes est leur étroite localisation de l'Oligocène à l'époque actuelle

(²) A. T. Hopwood, *Preliminary report of the fossil Mammalia in* L. S. B. Leakey, *The stone age cultures of Kenia colony*, Cambridge, 1931, p. 272.

(³) R. T. Hatt, *Bull. Amer. Mus. Nat. Hist.*, 72, 1936, p. 119-129.

en Afrique et Arabie au Sud-Est d'une ligne Sénégal-Hoggar-Fayoum-Sinaï-Liban. Seul un Saghathériidé, *Pliohyrax*, a atteint la Grèce (Pikermi, Samos) : dès l'Oligocène ces animaux étaient donc répandus du Nord au Sud de l'Afrique (*Arsinoitherium*, *Geniohyus*, *Bunohyrax*, *Mixohyrax*, *Pachyhyrax*, *Saghatherium*, *Megalohyrax*, du Fayoum; *Protypotherioides* du Sud-Ouest africain).

Ainsi les Hyracoïdes, groupe archaïque, n'ont à peu près pas perdu de terrain depuis l'Oligocène, période culminante de leur évolution : leur résistance à la régression géographique, habituelle aux types de vieille souche, doit encore être due à la puissante activité vitale manifeste dans leur morphologie malléable et leur robe variable. Les Hyracoïdes se séparent aussi des grands Ongulés néogènes (Rhinocéros, Équidés, Éléphants, etc.) ou même Oligocènes (Tapirs) par l'absence de larges migrations mondiales : c'est sans doute que, plus anciens (éocènes), ils étaient déjà arrivés à des stades trop évolués, au moment où certaines connexions continentales auraient pu permettre leurs déplacements en masse.

PALÉONTOLOGIE. — *Relations fauniques entre les Chéloniens fossiles de l'Espagne et de la France.* Note de M. **Frédéric-Marie Bergounioux**, transmise par M. Charles Jacob.

Des recherches récentes effectuées dans les collections des Musées de Barcelone et de Madrid m'ont fourni un certain nombre d'espèces de Chéloniens fossiles actuellement en cours de description.

Dans les gisements oligocènes de Catalogne, on rencontre *Trionyx* sp., *Chrysemys Lachati* Sauvage, *Chrysemys Astrei* Bergounioux, *Testudo Richardi* nov. sp.

Dans les dépôts néogènes de la même région on trouve *Testudo catalaunica* Bataller et *Clemmys Batalleri* Bergounioux.

Enfin dans le Miocène de Castille, M. Royo y Gomez vient de décrire un *Testuto Bolivari* (1). Après un examen attentif des pièces sur lesquelles avaient été faites cette détermination, j'ai été amené à en classer quelques-unes dans l'espèce *Testudo Richardi*.

Ces déterminations permettent de fixer quelques points sur l'évolution et la répartition géographique de certains groupes de Chéloniens.

(1) *Bol. Soc. Esp. Hist. Nat.*, 35, Madrid, 1935, p. 463-486, lam. 43-50.

Le genre *Chrysemys* offre un bel exemple de groupe zoologique à habitat disjoint. On peut, en effet, le diviser en trois tribus d'espèces affines :

1° Tribu de *Chr. bicarinata* Owen des argiles de Londres que l'on retrouve au Sannoisien dans le bassin de l'Èbre et à l'Aquitanien en Aquitaine (Armissan) avec *Chrysemys Astrei*.

2° Tribu de *Chr. testudiniformis* Owen, du même gisement anglais, que l'on rencontre avec *Chr. motolivensis* Roman dans l'Oligocène de l'Hérault, avec *Chr. Renevieri* Portis dans l'Aquitanien des Basses-Alpes et avec *Chr. Mellingi* Peters dans les lignites miocènes de Styrie.

3° Enfin Tribu de *Chr. Lachati* Sauvage de l'Oligocène des Basses-Alpes habitant aussi durant la même période des marais catalans.

Ainsi le centre de dispersion du genre *Chrysemys* semble avoir été les gisements lacustres de l'Eocène des environs de Londres ; mais, dès l'Oligocène le groupe qui s'est déjà scindé en trois tribus, à caractères de différenciation nettement établis, occupe de très larges espaces dans l'Europe continentale, sans qu'on puisse saisir les étapes de cette longue migration. Puis le genre disparaît de nos régions occidentales et de nos jours, il est tout entier localisé dans le Nouveau-Monde : Amérique du Nord et Amérique centrale, Sud du Brésil, Uruguay et environs de Buenos-Ayres. Il compte actuellement 12 espèces. Il est enfin utile de noter que les formes fossiles augmentent régulièrement de taille depuis les espèces de l'Eocène anglais jusqu'à celles de l'Aquitanien d'Armissan.

B. L'histoire du groupe des Tortues terrestres géantes reçoit aussi un complément notable. Aucune des formes espagnoles, *T. Richardi* et *T. Bolivari*, ne possède d'écusson nuchal. On est donc en droit désormais d'affirmer que les tortues géantes de France et d'Espagne s'apparentent aux espèces actuelles ou subfossiles des Mascareignes et des Galapagos. Il faut toutefois remarquer que par l'allure générale du plastron ventral, *T. Richardi* se rapproche de *T. elephantina* qui appartient au groupe d'Aldabra, des Seychelles et de Madagascar, à plaque nuchale. Mais, par contre, *T. Bolivari* ressemble, par la courbure de la carapace, à *T. ephippium* des Galapagos. Cette série de constatations permet de penser que *T. Richardi* est sans doute un descendant direct de *T. Castrensis* Berg. du Bartonien du Castrais, au même titre que *T. phosphoritarum* Berg. des des phosphorites du Quercy. Là encore, l'évolution s'est produite avec un notable accroissement de taille. Par suite des migrations et de l'isolement géographique, une autre espèce, *T. Bolivari*, se serait différenciée de

T. Richardi. On se trouve peut-être à l'origine du groupe des Tortues terrestres géantes.

Quant à la si curieuse répartition géographique actuelle de ces animaux, elle reçoit peu d'éclaircissement. Si l'on considère que *T. castrensis* est à la base des phylums et que les premiers rameaux ont donné à l'Oligocène, *T. phosphoritarum* en Aquitaine, *T. gigas* en Limagne, *T. Richardi* en Catalogne, il reste encore à se demander comment d'une part ces formes ont atteint les îles de l'Océan Indien et d'autre part comment elles sont arrivées à l'archipel des Galapagos, dans l'Océan Pacifique. Si, à la rigueur, on peut admettre que pour peupler Madagascar et les îles voisines ces animaux ont passé par la Provence, l'Italie, Malte et l'Afrique orientale où on retrouve des restes, le peuplement des Galapagos reste encore entièrement énigmatique.

C. Du gisement sarmatien de Sant Quirce, M. Bataller a décrit *Testudo catalaunica*, qui se rattache étroitement à une espèce française du bassin d'Aquitaine, *T. Denizoti* Berg. du Stampien.

D. Enfin, dans le Pontien de Tarrassa ont été trouvés les restes d'une petite tortue paludine que j'avais classée antérieurement dans une espèce nouvelle : *Cl. Batalleri*. Or une carapace presque entière à rapporter au même groupe a été décrite dans le Stampien des environs de Toulouse.

Entre les Chéloniens fossiles du bassin de l'Ebre et des plateaux castillans d'une part, et ceux de la France et en particulier du bassin d'Aquitaine, d'autre part, s'affirment donc dès l'Éocène des affinités profondes qui se continueront jusqu'au Pontien.

BOTANIQUE. — *Sur les zones d'Algues marines du Maroc occidental.* Note de M. **Pierre Dangeard**, présentée par M. Pierre-Augustin Dangeard.

Les Algues marines du littoral atlantique marocain sont encore peu connues; diverses listes ont pourtant été publiées ([1]), mais les renseignements sur les associations d'Algues font à peu près défaut, de sorte qu'il est difficile de se faire une idée exacte des groupements algologiques comparés à ceux des côtes atlantiques du Portugal ou de l'Espagne.

Nous avons déjà signalé ([2]) l'existence à Mogador et à Mazagan d'une

([1]) J. Gattefossé et R. G. Werner, *Bull. Soc. Natur. Maroc*, 15, 1935, p. 1-36.

([2]) *Comptes rendus*, 201, 1935, p. 616.

association de Laminaires qui ne le cède en rien, par l'abondance des individus et leur taille, à celle qu'on peut observer sur les côtes de Galice, à la Corogne par exemple. Cette association se compose de *Saccorhiza bulbosa* de la Pyl., *Laminaria Lejolisii* Sauv. et *Phyllaria reniformis* Rostaf. En d'autres points, comme Rabat, Salé et Larache, le *Saccorhiza* est seul représenté et parfois même très rare au niveau inférieur; d'autre part, plus au Sud à Agadir, *Phyllaria purpurascens* Rostaf. abonde parmi le goémon rejeté. Avec les Laminaires s'observent à Mazagan le *Cystoseira selaginoides* Val. iridescent, très abondant avec les *Sargassum vulgare* Ag., *Cyst. fibrosa* Ag., *Dictyopteris polypodioides*, *Dictyota dichotoma*. Les grandes Sargasses, le *Cyst. fibrosa*, les *Saccorhiza* et autres Laminaires n'émergent guère à très basse mer; les *Cyst. selaginoides* découvrent légèrement avec diverses Floridées dont les plus caractéristiques sont les *Gelidium spinulosum* (Ag.) J. Ag., *Gigartina pistillata* (Stackh.) *G. Teedii* Lamour; *G. acicularis* (Lamour), *Gracilaria multipartita* J. Ag., *Hypnea musciformis* (Wulf.) Lamour, *Gymnogongrus patens* (J. Ag.). Plus haut se développe une belle zone à *Bifurcaria tuberculata* (Stackh.) avec *Cyst. abrotanifolia* (L.) Ag. et *Cystos. myriophylloides* Sauv.; au-dessus vient enfin une zone à *Fucus platycarpus* Thur., *Gelidium spinulosum*, *Lichina pygmæa* sur les rochers creusés de cuvettes où vivent *Cyst. myriophylloides*, *Cyst. humilis* (Schoub) Kütz. avec des *Ulva* et *Enteromorpha* divers.

La succession est à peu près la même à Mogador, sauf l'absence de certaines espèces comme le *Cyst. selaginoides*, et la présence d'une association très fournie à *Fucus platycarpus*. Cette Fucacée couvre les rochers au niveau supérieur et elle y atteint une taille inusitée avec fronde particulièrement développée en longueur et en largeur. La zone à *F. platycarpus* paraît ne pas manquer tout le long de la côte marocaine atlantique, mais, sauf à Mazagan et à Mogador, les individus sont clairsemés et souvent de petite taille; d'autre part, cette espèce n'a pas été retrouvée plus au sud dans la région d'Agadir. Le *Fucus vesiculosus* manque au contraire presque partout et nous le connaissons seulement à Rabat, dans le Bou Regreg et à Mehedia, dans l'Oued Sebou. Mangenot ([3]) avait déjà noté la distribution très particulière de cette espèce. C'est sans doute par erreur et par suite de confusion avec le *F. platycarpus* qu'on l'a mentionné à Mogador.

Les *Cystoseira* établissent des différences notables entre diverses stations marocaines : c'est ainsi qu'à Salé le niveau inférieur est occupé par une

([3]) *C. R. Soc. Biol.*, 96, 1927, p. 528.

zone à *Cyst. mediterranea* Sauv., espèce non signalée encore dans l'atlantique et confondue jusqu'ici peut-être avec le *Cyst. ericoides* J. Ag. Cette dernière, dont certains échantillons sont difficiles à distinguer de la précédente, s'observe également à Rabat et Agadir. Au niveau supérieur le *Cyst. humilis* est fréquent; nous rattachons à cette espèce une forme particulièrement réduite de la région d'Agadir, vivant dans des cuvettes plates très peu profondes et dont les frondes ne dépassent pas 1 ou 2^{cm} de hauteur, tout en étant fructifiées. Dans cette même région se rencontre en outre un *Cystoseira* de petite taille, tophuleux, à tige courte, qui nous paraît être le *C. mauritanica* décrit autrefois par Sauvageau (4) et dont on ne connaissait que deux échantillons recueillis par la mission Chudeau à Port-Étienne. Son caractère dioïque le distingue des autres *Cystoseira*, cependant nos exemplaires du Maroc ne sont pas vésiculifères et les réceptacles ne dépassent pas 1 à 2^{cm} de longueur. A Mazagan et à Rabat vivent également des *Cystoseira* de petite taille, pourvus de tophules et qui sont très voisins du *C. elegans* Sauv. connu jusqu'ici seulement en Méditerranée. Par contre nous n'avons pas trouvé certaines espèces comme *C. Abiès-marina* C. Ag, et *C. concatenata* C. Ag., signalées au Maroc et dont la présence reste assez douteuse, au moins en place (5).

Il existe ainsi une assez grande variété dans la végétation algologique de la côte atlantique marocaine, due à la distribution inégale des Fucacées et des grandes Laminaires. L'influence méditerranéenne, si évidente à Tanger, est beaucoup moins marquée sur le littoral atlantique proprement dit et l'on peut se demander s'il ne serait pas logique de considérer les *Cyst. mediterranea* et *Cyst. selaginoides* comme des espèces typiquement océaniques qui auraient pénétré en Méditerranée, comme l'a fait le *Cyst. ericoides*. Cette idée serait renforcée dans le cas où ces deux espèces seraient trouvées sur les côtes du Portugal et de l'Espagne.

(4) P. Hariot, *Bull. Soc. Bot. Fr.*, 58, 1911, p. 439.

(5) Le *Cyst. granulata* Greville existe probablement à Mogador, mais, les tophules caractéristiques n'ayant pas été observés, la détermination est encore incertaine.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Évolution de l'azote purique au cours de la germination.* Note (¹) de M. **Paul De Graeve**, présentée par M. Richard Fosse.

Nous avons (²) montré que l'azote purique s'accumule sous forme d'acide allantoïque au cours de la germination des graines de *Melilotus officinalis* et de *Trifolium sativum.* Dans cette Note nous analysons le processus de cette dégradation de l'azote urique sur des cultures faites, à la température de 17-18°, dans la terre en serre.

Germination du Trèfle violet (Trifolium sativum).

		Uréides pour 1000 de plante sèche.		
Temps.	Azote total %.	Acide urique (environ).	Allantoïne.	Acide allantoïque.
0...........	6,7	0,3	0,085	0,159
10 jours.......	7,9	0,1	0,63	5,53
20 »	8,1	–	1,78	7,2
30 »	6,8	–	–	5,4
41 »	5,9	–	0,44	3,38

Azote des uréides, pour 100 d'azote total.

Temps.	$\frac{\text{Az urique}}{\text{Az total}} \times 100.$	$\frac{\text{Az de l'allant.}}{\text{Az total}} \times 100$	$\frac{\text{Az. de l'ac. allant.}}{\text{Az total}} \times 100.$
0...........	0,15	0,04	0,07
10 jours.......	0,04	0,28	2,2
20 »	–	0,77	2,8
30 »	–	–	2,5
41 »	–	0,26	1,8

40 graines initiales pesaient, séchées, 0g,062 et 40 plantules âgées de 41 jours pesaient, séchées, 0g,166.

Germination du Trèfle incarnat (Trifolium sativum).

		Uréides pour 1000 de plante sèche.		
Temps.	Azote total %.	Acide urique (environ).	Allantoïne.	Acide allantoïque.
0...........	6,2	0,06	0,100	0
10 jours.......	8,7	–	0,67	3,48
20 »	7,7	–	1,19	4,61
30 »	6,3	–	0,63	2,49
41 »	4,3	–	0,44	0,99

(¹) Séance du 1er mars 1937.

(²) *Comptes rendus*, 204, 1937, p. 445.

Azote des uréides, pour 100 d'azote total.

Temps.	$\frac{\text{Az de l'ac. urique}}{\text{Az total}} \times 100.$	$\frac{\text{Az de l'allant.}}{\text{Az total}} \times 100.$	$\frac{\text{Az de l'ac. allant.}}{\text{Az total}} \times 100.$
0............	0,03	0,05	0
10 jours.......	–	0,27	1,28
20 »	–	0,5	1,9
30 »	–	0,35	1,2
41 »	–	0,35	0,7

40 graines séchées pesaient initialement 0g,062; 40 plantules âgées de 41 jours pesaient, séchées, 0g,528.

Des expériences analogues ont été faites sur la Fève (*Faba vulgaris*) et le Soja (*Soja hispida*); toutes les graines de Légumineuses étudiées, permettent de conclure à l'accumulation de l'acide allantoïque et à la disparition de l'acide urique au début de la germination. Nous nous proposons d'étudier quelle peut-être l'influence des facteurs lumière et milieux de culture, sur l'évolution de ces uréides. Nous avons tenu, avant d'aborder cette étude, à chercher ce que devenait cette dégradation de l'azote purique chez les graines pauvres en azote : nous avons choisi le Blé et le Maïs.

Germination du Blé (Triticum sativum).

(Expérience aseptique faite à l'obscurité, à 30°. Azote pour 100 : 2,2.)

	Uréides pour 1000g de plante sèche.		
Temps.	Acide urique environ.	Allantoïne.	Acide allantoïque.
0 jours......	0,08	0,18	0
9 »	0	0,39	0,16
16 »	–	1,6	0,3
27 »	–	2,0	0,6

Germination du Maïs (Zea Mays).

(Expérience aseptique faite à la lumière, à 16-19°.)

Temps.	Acide urique.	Allantoïne.	Acide allantoïque.
0....................	0	0,109	0
3 jours..............	0	0,207	0
9 »	–	0,300	traces
17 »	–	0,97	0,25

Pour ces Graminées, le métabolisme de l'azote urique se présente donc différemment : l'allantoïne s'accumule jusqu'à représenter 3,2 pour 100 de

l'azote total dans le cas du Blé. Ces résultats s'accordent, du reste, avec l'existence d'une allantoïnase d'activité toujours faible chez les Graminées et avec la présence de l'allantoïne dans les germes de céréales, d'où elle fut isolée dès 1886 par Richardson et Crampton ([3]).

BIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Les formes de jeunesse et l'évolution future.* Note de M. **Henri Gaussen**, présentée par M. Louis Blaringhem.

En considérant trois étapes dans la vie de l'individu : embryon, jeunesse, état adulte réalisé à maturité sexuelle, on peut estimer que le stade de jeunesse est le plus soustrait aux influences sexuelles. Or on admet généralement que ces influences sexuelles représentent essentiellement l'héritage ancestral. Le moment où l'organisme serait le plus libéré des entraves ancestrales serait donc le stade de jeunesse. D'excellents exemples sont fournis par le groupe des Conifères et éclairent bien des difficultés.

La séparation d'un soma et d'un germen n'est pas nette comme chez les animaux, mais dans le cas des Sapins, par exemple, les feuilles des rameaux à fleurs appelés rameaux fertiles n'ont pas la même structure que les feuilles de rameaux dépourvus de fleurs et appelés rameaux stériles.

Dans son bel Ouvrage sur la *Classification et évolution d'un groupe d'Abiétinées*, Mlle Flous (1936) aboutit à une opinion sur la valeur évoluée ou primitive (pour le groupe) des divers caractères des feuilles. Les feuilles de rameaux fertiles sont toujours plus primitives que les feuilles de rameaux stériles. Elles sont plus directement soumises aux influences germinales. Quand les feuilles de rameau stérile varient au cours du développement, les premières, celles de l'arbre jeune, ont les caractères les plus évolués. Suivons cette évolution à travers les genres Pin, Sapin et *Pseudotsuga*.

Le Pin est sans doute l'ancêtre du Sapin par l'intermédiaire du Cèdre; il présente dans ses rameaux et ses feuilles des dispositions primitives; la présence de rameaux nains à feuilles fasciculées est primitive. Le jeune Pin en est précisément dépourvu; il est formé d'un rameau long muni de feuilles simples, c'est le type réalisé par les Sapins dans tous leurs organes sauf les organes sexuels. Le Pin plus âgé revient à la structure primitive et présente des rameaux nains à feuilles fasciculées. Anatomiquement la feuille fasciculée est plus primitive que la feuille de jeunesse. Chez *Pinus canariensis*, par exemple, elle a des faisceaux séparés et un très

([3]) *Ber. d. Chem. Ges.*, 19, 1886, p. 1180.

fort sous-épiderme, caractères primitifs, alors que la feuille de jeunesse a des faisceaux soudés et peu de sous-épiderme, caractères évolués. Le Pin jeune montre donc bien le type futur de l'évolution.

Les Sapins sont plus évolués mais présentent encore une certaine possibilité d'évolution dans leurs feuilles. On peut la montrer au moyen du caractère anatomique des canaux résinifères. Ils sont centraux dans les types primitifs, marginaux dans les types évolués. *Abies Pinsapo*, Sapin primitif, a, dans sa jeunesse, des feuilles de rameaux stériles à canaux marginaux, puis, sur les rameaux adultes stériles, les feuilles ont des canaux centraux et à plus forte raison sur les rameaux fertiles. Les feuilles jeunes ont seules le type évolué. *A. pectinata* plus évolué a les canaux marginaux sur toutes les feuilles de rameaux stériles, sur les rameaux fertiles elles ont encore le type primitif à canaux centraux. Ici la forme jeune ne se différencie pas des parties adultes stériles. Enfin l'évolution parvient à transformer les feuilles fertiles elles-mêmes chez *A. bracteata* sans doute le plus évolué des Sapins. Elles ont les canaux marginaux. L'évolution du caractère est terminée, le jeune n'apprend rien.

Chez les genres très évolués, comme *Pseudotsuga*, il ne paraît pas y avoir de différence entre feuille de rameau stérile et feuille de rameau fertile. L'évolution y est terminée; le jeune ne peut rien indiquer pour l'avenir du caractère foliaire. Le jeune est donc intéressant dans les groupes peu évolués, il ne l'est pas pour ceux où l'évolution du caractère considéré est terminée.

Ainsi, chez les Poissons asymétriques vivant sur le sol, groupe très évolué, la forme larvaire d'abord symétrique (caractère ancestral) prend dans le jeune la forme asymétrique avant qu'il ne se couche sur le fond ; le jeune annonce le caractère adulte et rien de plus. De même pour les animaux dégradés par le parasitisme qui sont très évolués; la vie larvaire est libre et autotrophe (caractère ancestral), puis la jeunesse manifeste le besoin de parasitisme; l'évolution est terminée, le jeune n'apprend rien.

L'idée du caractère évolué des formes de jeunesse est donc féconde dans les groupes primitifs. Mais tous les caractères d'un jeune ne sont pas nécessairement évolués, certains sont le prolongement des caractères embryonnaires qui rappellent les influences ancestrales.

D'ailleurs tous les caractères n'évoluent pas en même temps et une espèce est très souvent primitive par certains caractères et évoluée pour d'autres. Il faut donc se garder d'être trop absolu.

Les exemples cités ci-dessus montrent donc que des particularités inexplicables deviennent claires si l'on admet l'irradiation ancestrale provoquée

par les organes reproducteurs. Si l'hypothèse envisagée correspond à la réalité on pourra conclure : si l'on cherche les caractères des ancêtres, c'est aux organes reproducteurs et à ce qui est sous leur influence qu'il faut s'adresser; si l'on veut avoir une opinion sur la descendance, les organes les plus soustraits à l'influence sexuelle peuvent donner des indications précieuses si cette descendance est destinée à évoluer.

GÉNÉTIQUE. — *Transmission des caractères chez les hybrides de Sapins.* Note de M[lle] **Fernande Flous**, présentée par M. Louis Blaringhem.

Dans le groupe des Conifères, les hybrides obtenus expérimentalement, et par conséquent certains, sont peu nombreux ou de production trop récente pour avoir fructifié et donné des descendants.

Je me suis proposé de rechercher si certaines espèces d'Abiétinées ne peuvent pas être considérées comme résultant du croisement d'autres espèces. Il a donc été nécessaire, en premier lieu, de voir ce que deviennent, dans une Abiétinée hybride connue, les caractères des parents.

J'ai considéré l'*Abies Vilmorini*, obtenu en 1867 en fécondant des ovules d'*Abies Pinsapo* par du pollen d'*Abies cephalonica*, et dont l'étude anatomique n'a pas encore été faite, à ma connaissance.

A côté des caractères communs aux deux parents, cet hybride présente trois sortes de caractères :

1° des caractères d'*A. cephalonica*, nombreux. Exemple : forme des feuilles, localisation des stomates vers l'apex de la face supérieure, forme de la section foliaire, disposition du sous-épiderme, particularités anatomiques du ramule, forme des bractées du cône, etc;

2° des caractères d'*A. Pinsapo*, exemple : disposition des canaux résinifères foliaires au centre du parenchyme (et non sous l'épiderme, comme dans *A. cephalonica*), absence de fibres au voisinage des éléments conducteurs;

3° des caractères intermédiaires, exemple : longueur des feuilles, nombre de lignes de stomates sur la face supérieure de la feuille et longueur de ces lignes, angle de torsion de la base foliaire, écartement des faisceaux libéro-ligneux, longueur des bractées du cône. On voit que les caractères qualitatifs de *A. Vilmorini* sont identiques à ceux de ses parents. Les caractères intermédiaires entre ceux des parents sont tous quantitatifs.

La même conclusion me paraît ressortir de l'étude faite par Henry (1)

(1) A. Henry et M. G. Flood, *Proc. of R. I. Academy*, Dublin, 35, B, 4, 1919, p. 55.

sur un hybride obtenu dans un autre genre, le *Larix eurolepis* (dont les parents sont *L. leptolepis* et *L. europaea*). Cet hybride présente une juxtaposition des caractères qualitatifs des parents. Par exemple, l'épiderme foliaire est fortement papilleux dans *L. leptolepis*, il est droit dans *L. europaea*. Or, dans l'hybride, l'épiderme est fortement papilleux au niveau de la nervure et sur les bords latéraux de la section ; il est droit dans les quatre régions intermédiaires. Suivant les points, la forme des cellules épidermiques est identique à celle de l'un ou l'autre des parents, elle n'est pas intermédiaire. Au contraire, lorsqu'il s'agit d'un caractère quantitatif, tel que le nombre d'assises sous-épidermiques, ou le nombre de stomates, on peut avoir chez *L. eurolepis* un nombre intermédiaire entre ceux des parents.

L'étude de deux hybrides certains : *Abies Vilmorini* et *Larix eurolepis* montre donc le même comportement des deux types de caractères : caractères « qualitatifs » et caractères « quantitatifs » et on peut chercher si des espèces spontanées ne sont pas d'origine hybride. Dans mon étude récente sur la parenté des espèces dans les genres d'Abiétées ([2]), j'ai admis l'hypothèse de l'origine hybride de plusieurs espèces, par exemple : *Abies Pardei*, *A. Borisii-Regis*, *Pseudotsuga macrolepis*, *Tsuga Blaringhemi*, *Ts. Jeffreyi*, *Picea canadensis*.

Je me limiterai ici à la considération de *Abies Pardei* et *A. Borisii-Regis*, dans lesquels se trouvent des conditions comparables à celles de l'*A. Vilmorini*.

L'*Abies Pardei*, que je suppose être un hybride de *A. pectinata* et *A. Pinsapo*, présente des caractères de *A. Pinsapo* (embase, sous-épiderme et canaux de la feuille, particularités anatomiques du ramule), des caractères de *A. pectinata*, (base foliaire tordue, forme de la section, ramule pubescent, longues bractées du cône, etc.), et des caractères intermédiaires (nombre de stomates sur la face supérieure, écartement des faisceaux conducteurs, nombre des fibres, etc.). L'hypothèse de l'origine hybride d'*A. Pardei* me paraît donc très légitime. Étant donné que les aires d'*Abies Pinsapo* et *A. pectinata* n'ont pas de points de contact, il s'agit probablement d'un hybride d'arboretum ou de parc.

L'*Abies Borisii-Regis* paraît être un hybride naturel. Il a été étudié avec beaucoup de soins par Mattefeld ([3]). Il occupe, aux Balkans, une région

([2]) F. Flous, *Classification et évolution d'un groupe d'Abiétinées* (*Thèse Faculté des Sciences de Toulouse*, 1936, 633 pages, Toulouse).

([3]) *Ueber hybridogene Sippen der Tannen* (*Bibliotheca botanica*, Heft 100, Stuttgart, 1930, p. 1).

intermédiaire entre celle de *A. pectinata* et celle de *A. cephalonica*. En complétant l'étude comparée des caractères faite par Mattfeld, j'ai pu vérifier encore le comportement des caractères signalés plus haut. Mais l'*Abies Borisii-Regis* paraît être un hybride ancien, fixé et ayant donné une espèce stable, capable de s'hybrider à son tour avec chacun de ses anciens parents, d'où résultent des hybrides complexes, présentant, pour les caractères quantitatifs, tous les intermédiaires entre les anciens parents. Je n'ai pas eu les documents suffisants pour affirmer que les caractères qualitatifs de ces hybrides complexes sont toujours du type de l'un ou de l'autre des parents.

En résumé, les hybrides simples paraissent obéir, dans le groupe étudié, à une loi générale : les caractères qualitatifs des parents sont conservés, les caractères quantitatifs peuvent prendre une valeur intermédiaire. L'application de cette loi permet de déceler les espèces d'origine hybride et éclaire beaucoup la classification naturelle.

ZOOLOGIE. — *Une Métanémerte nouvelle, appartenant à un groupe purement marin, provenant du Grand Lac du Cambodge.* Note de M. **Constantin Dawydoff**, présentée par M. Maurice Caullery.

En travaillant, en mars 1930, dans la région centrale du Grand Lac du Cambodge, sur les fonds vaseux, riches en Lamellibranches (profondeur 6 mètres), j'ai eu la chance de capturer deux petites Némertes, rampant sur des coquilles vides d'Unionidés. L'examen rapide, sur place, sous le microscope, me montra tout de suite que j'avais affaire à une forme très intéressante, appartenant à un groupe qui, jusqu'à présent, n'avait jamais été signalé dans les eaux douces. En effet l'existence d'une paire de statocystes n'a laissé aucun doute que les Némertes en question appartenaient au groupe d'*Ototyphlonemertes*, marin par excellence, et dont le genre unique n'a été rencontré que dans la région méditerranéenne. En prenant en considération l'existence, chez la Némerte du Grand Lac, d'yeux (toujours absents chez le genre *Ototyphlonemertes*), je propose de créer pour elle un genre spécial et lui donner le nom d'*Otonemertes*. Les deux spécimens trouvés au Grand Lac appartenaient à la même espèce. Je lui donne le nom de *Otonemertes Denisi* gen. nov., sp. nov.

Les Némertes cambodgiennes, complètement étalées, ont un aspect filiforme. Contrairement à *Ototyphlonemertes*, le corps n'est pas cylindrique

mais légèrement aplati dorsoventralement. Il ne devient cylindrique qu'en état de contraction. L'animal est muni d'une musculature très puissante, qui lui permet de se contracter avec une rapidité extraordinaire et de se transformer en une boule ellipsoïde longue de 2mm-2mm,5 et large de 1mm. A cet état la Némerte reste pendant quelque temps absolument immobile, puis reprend lentement son aspect habituel. Rampant tranquillement, *Otonemertes* atteint 15mm-20mm de longueur (avec une largeur maxima de 0mm,1), mais elle peut s'allonger fortement, de sorte que sa longueur peut atteindre 30mm.

Par contraste avec le genre *Ototyphlonemertes*, la région céphalique d'*Otonemertes* est nettement individualisée par rapport au reste du corps. Elle est sensiblement plus large que la partie thoracique et se trouve séparée de lui par une échancrure circulaire, peu profonde mais assez large.

En extension normale, l'animal est coloré en vert olive clair. Fortement contracté, il prend une coloration brune assez foncée. La région céphalique du Ver est incolore et transparente, sauf son extrémité antérieure qui est flanquée par deux petites taches semi-lunaires de couleur marron, qui se regardent par leurs concavités; en leur centre se placent les deux taches oculaires. Ces dernières sont représentées par deux complexes symétriques d'ocelles. Chacun contient trois ocelles, très nettes chez l'animal vivant, mais qui disparaissent après un séjour prolongé dans l'alcool. Ces ocelles sont constituées par des amas du pigment noir, entourés à leur tour par une zone circulaire claire et transparente, ce qui les fait ressortir facilement sur les régions pigmentées de la tête. L'ensemble de ces trois taches oculaires réalise, sur chaque côté de la tête, une figure triangulaire.

Le bord antérieur de la région céphalique est obtus et muni d'une paire d'organes tactiles, qui se présentent sous forme de petites proéminences coniques assez espacées et recouvertes de cils longs et raides.

Les ganglions cérébroïdes, très volumineux et colorés en jaune d'ocre, sont facilement reconnaissables *in vitro*. De chaque côté, le cerveau est flanqué du statocyste, si caractéristique pour le genre *Ototyphlonemertes*. Il se présente sous forme d'une vésicule sphérique très volumineuse, à parois très minces, qui est englobée dans une masse ganglionnaire et munie d'un seul otolithe. Ce dernier a une forme sphérique et occupe presque entièrement la cavité du statocyste. Il est constitué par une accumulation très serrée de granules sphéroïdes, réunis par une substance gélatineuse transparente.

La trompe, fortement pigmentée en brun, se voit facilement par transparence chez l'animal vivant. Elle est très mince et extrêmement courte, n'atteignant qu'un cinquième de la longueur générale du corps de l'animal. Dans sa partie terminale, élargie, la trompe est armée d'un stylet principal assez puissant et de deux paires de stylets accessoires, logés dans des poches latérales. Le muscle rétracteur est assez court. En résumé, la structure de la trompe est moins compliquée que celle d'*Ototyphlonemertes*.

Ni l'un ni l'autre des individus capturés ne possédait de gonades mûres.

La présence d'une Némerte appartenant à un groupe purement marin dans le Grand Lac du Cambodge, bassin d'eau douce situé très loin de la mer, présente un intérêt important. En prenant en considération l'éloignement du lac de la Mer de Chine (au moins 350^{km} à vol d'oiseau), il est difficile d'admettre que notre Némerte ait pu pénétrer dans le Grand Lac activement à une époque récente, en suivant le cours du Bassac ou du Mékong. Nous sommes portés à croire qu'*Otonemertes* est plutôt une forme qui s'est adaptée à l'eau douce *sur place*, c'est-à-dire, qu'il s'agit d'un organisme autochtone du Grand Lac, qui l'habitait déjà à la période où ce bassin faisait encore partie de la Mer de Chine Méridionale.

Il reste à ajouter que ni *Ototyphlonemertes*, ni *Otonemertes* n'ont été trouvés jusqu'à présent dans la Mer de Chine Méridionale.

PHYSIOLOGIE. — *Variations de la résistance à l'anoxhémie suivant le degré de la narcose.* Note de MM. **Léon Binet** et **M.-V. Strumza**, présentée par M. Charles Achard.

Des chiens anesthésiés au chloralose respirant une atmosphère artificielle plus ou moins appauvrie en oxygène présentent des différences considérables de résistance. Tel animal meurt en 7 minutes lorsqu'il inhale un mélange gazeux contenant 4,67 pour 100 de O^2, qui correspond à une altitude théorique de 11000^m (pour la commodité de la compréhension nous présenterons la teneur en O^2 du mélange par l'altitude présentant la même tension partielle en O^2), et tels autres respirent à 14000^m (2,89 pour 100 de O^2) ou 15000^m (2,41 pour 100 de O^2) pendant des heures. De pareilles variations nous paraissent difficilement explicables par des facteurs individuels et nous avons définitivement abandonné cette explication, lorsque nous vîmes le même animal, qui présentait une syncope respiratoire à 12000 (3,97 pour 100 de O^2), survivre ensuite à 14000.

Pendant plusieurs mois nous avons accumulé les observations, effectuant des recherches de tous ordres pour déterminer les causes de ces variations. Successivement nous avons pu éliminer les facteurs du poids, de l'âge, du sexe, de la richesse du sang en hémoglobine, la réaction polyglobulique, la température de l'animal ou la température ambiante; nous avons interrogé la réserve alcaline, la formation d'acide lactique, l'urée sanguine, le glutathion, la phosphorémie, la glycémie, la calcémie, la chlorémie, l'hydrémie, les troubles de l'électrocardiogramme, etc. L'accoutumance ne joue pas non plus : un chien chloralosé laissé à l'air libre pendant 3 heures a sa résistance augmentée aussi bien sinon mieux qu'un autre soumis à des épreuves successives d'anoxhémie pendant le même laps de temps.

Les variations de résistance sont dues en réalité *au degré d'anesthésie de l'animal*. Une anesthésie profonde entraîne une fragilité particulière et plus l'animal approche du réveil, plus sa résistance à l'anoxhémie augmente. C'est un fait paradoxal, car nous étions en droit de supposer que, l'anesthésie profonde diminuant l'intensité des échanges, donc les besoins en oxygène, le chien endormi pourrait survivre dans une atmosphère mortelle pour un animal éveillé. Tout s'explique par les modifications considérables de l'intensité de la respiration sous l'action de l'anesthésie.

Le débit respiratoire moyen d'un chien, pesant de 15^{kg} à 20^{kg}, est de 3^{l},45 à la minute après 45 minutes d'anesthésie (déterminations portant sur 54 chiens). 1 heure 30 minutes plus tard il a été trouvé de 4^{l},150 chez 39 autres animaux. Enfin les déterminations effectuées plus de 3 heures après l'anesthésie ont donné 8^{l},640 chez les 20 chiens observés.

Un même chien, qui, 1 heure après l'anesthésie, présente une ventilation de 5^{l}200 à la minute, respire 8^{l},600 après 2 heures. Une injection de 1^{g},50 de chloralose chez un chien de 20^{kg}, cinq heures après le début de l'anesthésie provoque un ralentissement du rythme respiratoire, une diminution de l'amplitude et le débit baisse de 11^{l},800 à 4^{l}.

Grâce à ces données on n'est plus étonné de voir tel chien, soumis à l'anoxhémie 45 minutes après la chloralose, présenter un arrêt respiratoire à 11000^{m} en 40 minutes, tandis que les chiens utilisés seulement après 2 heures ne s'arrêtent de respirer qu'à 13000^{m} (3,39 pour 100 d'O^2). Enfin les animaux endormis 4 heures auparavant résistent même à 15000^{m} plusieurs minutes.

Un animal qui résiste d'abord 16 minutes à 14000, 3 heures 30 minutes après l'anesthésie, tient 24 minutes après 4 heures 10 minutes, mais à la

suite d'une injection de $0^g,90$ de chloralose il présente une syncope respiratoire après 9 minutes de respiration à 14000.

Il apparaît ainsi nettement que la respiration est une des fonctions les plus troublées par l'anesthésie. Cette remarque sur la sensibilité du centre respiratoire au chloralose est très importante dans l'étude des agents excitant ou déprimant ce centre. Elle explique bien des discordances dans des recherches poursuivies dans ce domaine et oblige à suivre une discipline expérimentale particulièrement sévère.

PHARMACOLOGIE. — *Synergie de l'adrénaline et de l'hormone hypophysaire. Sur le mécanisme de l'action glycogénolytique de l'adrénaline.* Note de M. **Léon Képinov**, présentée par M. Paul Portier.

Nos recherches antérieures ont démontré que la suppression du pancréas termine l'apparition dans le sang d'un excès d'hormone hypophysaire qui détermine l'hyperglycémie consécutive à la pancréatectomie [1]. En outre, nous avons décelé un phénomène fort paradoxal chez les chiens hypophysectomisés : coexistence d'une glycémie inférieure à la normale et d'une hypersécrétion de l'adrénaline [2]; ceci montre qu'en l'absence de l'hormone hypophysaire l'adrénaline seule ne paraît pas être suffisante pour augmenter l'intensité de la production du glucose et élever ainsi jusqu'au niveau normal la glycémie du chien hypophysectomisé.

Ces observations nous ont amené à formuler une hypothèse sur le mécanisme de l'action hyperglycémiante de l'hormone hypophysaire. Nous admettons que l'hyperglycémie n'est pas due à une action directe, mais résulte plutôt d'une synergie de deux hormones, l'adrénaline et l'hormone hypophysaire.

L'étude comparative de l'action glycogénolytique de l'adrénaline et de l'extrait hypophysaire devait permettre la vérification de cette conception. En réalisant cette étude, nous avons établi un fait, entièrement nouveau, susceptible d'éclaircir la question très complexe du mécanisme de l'action glycogénolytique de l'adrénaline elle-même. Une partie de nos expériences

---

(1) *Comptes rendus Soc. de Biolog.*, **116**, 1934, p. 145; *La Presse Médicale*, **81**, 1936, p. 1564 et **85**, 1936, p. 1652.

(2) *Comptes rendus Soc. de Biolog.*, **122**, 1936, p. 351.

a été effectuée de mai à juillet 1936 et l'autre de septembre 1936 à janvier 1937.

Nous perfusons *in situ*, avec du liquide Locke-Tyrode sans glucose, le foie de grenouilles de Hongrie (*R. Esculenta*) de 65-85^{g}; la vitesse constante d'écoulement est de 25$^{cm^3}$ en 8 minutes. L'expérience proprement dite commence 1 heure à 1 heure et demie après le début de la perfusion, temps trouvé nécessaire pour éliminer du foie le sang et le glucose pré-existants. L'adrénaline est introduite, à la dose de 1$^{cm^3}$ d'une solution à 1/1000000e, dans la branche latérale d'un tube en T intercalé à 8^{cm} du foie, entre la canule fixée dans la veine abdominale et le tube en caoutchouc relié par un tube en V à deux flacons de Mariotte contenant, l'un, le liquide Locke-Tyrode et l'autre l'extrait tissulaire. L'effet glycogénolytique de l'adrénaline est évalué par le dosage du glucose (méthode Folin-Wu) dans 1$^{cm^3}$ de chacun des échantillons de 25$^{cm^3}$ de liquide perfusé recueillis à la sortie du foie immédiatement avant et 11-12 minutes après injection de l'adrénaline. A ce centimètre cube, nous ajoutons, pour rendre le titrage possible et précis, 1$^{cm^3}$ d'une solution de glucose à 2 pour 10000. Nos résultats, après défalcation de la quantité de glucose ajouté, sont rapportés à 100$^{cm^3}$ de perfusat.

Lorsqu'on introduit l'adrénaline dans le courant du liquide Locke-Tyrode, 1 heure à 1 heure et demie après avoir commencé la perfusion, on constate une augmentation du taux de glucose de 3^{mg},8 à 6^{mg} pour 100$^{cm^3}$ de perfusat sortant du foie. Mais il n'en est pas ainsi lorsque l'adrénaline est injectée 4 à 6 heures après le début de la perfusion (expériences effectuées pendant la saison d'été); dans ce cas on n'observe plus de glycogénolyse. On obtient les mêmes résultats au cours des expériences réalisées de septembre à décembre inclus, à condition de perfuser le foie des grenouilles de cette saison pendant 16 à 22 heures.

Il est intéressant de signaler que dès le mois de janvier le foie des grenouilles du stock d'hiver redevient semblable à celui des grenouilles d'été (mai-juillet) : la même durée de 4 à 6 heures de lavage du foie, suffit pour supprimer l'effet glycogénolytique de l'adrénaline.

Ainsi, dans nos expériences de perfusion, nous pouvons distinguer deux phases différentes : pendant la première, qui a lieu au début de la perfusion, l'adrénaline a un effet glycogénolytique : c'est *la phase d'efficacité de l'adrénaline*. La deuxième, observée après perfusion prolongée, constitue la *phase d'inefficacité de l'adrénaline*.

Ces expériences permettent de supposer que la perfusion prolongée enlève au foie une substance dont la présence conditionne l'action glycogénolytique de l'adrénaline.

Pour vérifier cette hypothèse nous avons fait deux séries d'expériences. Voici la première :

Nous avons recherché si l'apport au foie lavé d'éléments extraits d'un foie frais de grenouille normale rétablissait l'effet glycogénolytique de l'adrénaline.

Dans ce but nous avons, dans la phase d'inefficacité de l'adrénaline, remplacé pendant 10 minutes, après une injection inefficace de cette hormone, le liquide de perfusion Locke-Tyrode par un extrait fraîchement préparé de foie de grenouille. Nous avons alors constaté que l'injection d'adrénaline effectuée au bout des 10 minutes de perfusion du foie avec l'extrait de foie détermine une glycogénolyse de même intensité que celle qu'elle provoquait au début de l'expérience (3 à 6^{mg} de glucose pour 100^{cm^3} de perfusat). Par la suite, nous avons observé que l'extrait de muscles de grenouilles peut, de même que l'extrait de foie, rétablir la fonction glycogénolytique de l'adrénaline dans le foie longuement lavé, mais que l'extrait de la rate de grenouille n'a aucun effet glycogénolytique ou qu'un effet très minime.

Il faut ajouter que les expériences témoins ont établi les faits suivants : les extraits de foie ou de muscles de grenouille n'augmentent pas, par eux-mêmes, en l'absence d'adrénaline, le taux de glucose dans le perfusat; l'adrénaline injectée pendant la perfusion du foie avec une solution de glycogène à 1 pour 1000 effectuée après un lavage prolongé du foie avec le liquide Locke-Tyrode, n'a pas d'effet glycogénolytique.

Conclusions. — L'ensemble de ces expériences démontre que 1° le foie de grenouille longuement perfusé avec la solution Locke-Tyrode perd une substance en l'absence de laquelle l'adrénaline ne détermine plus de glycogénolyse; 2° un extrait fraîchement préparé de foie normal ou de muscles de grenouille restitue au foie perfusé la substance ôtée par le lavage prolongé et rétablit ainsi l'effet glycogénolytique de l'adrénaline.

EMBRYOLOGIE. — *Sur le développement polyembryonnaire d'*Amicroplus collaris *Spin. parasite des chenilles d'*Euxoa segetum *Schiff.* Note (1) de M. **André Paillot**, présentée par M. Paul Marchal.

Depuis la découverte de la polyembryonie chez divers Hyménoptères parasites appartenant aux familles des Chalcidides et des Proctotrupides par P. Marchal, un certain nombre de cas nouveaux ont été étudiés dont

(1) Séance du 1er mars 1937.

un en particulier dans la famille des Braconides, celui de *Macrocentrus gifuensis* Ashm., parasite des chenilles de *Pyrausta nubilalis*, signalé en 1930 par H. L. Parker. Cette même famille renferme d'autres espèces à développement polyembryonnaire, par exemple *Macrocentrus abdominalis* Fab. qui parasite diverses chenilles de Microlépidoptères et que j'ai obtenu fréquemment d'*Argyroploce variegana* Hbn.; *M. ancylivorus* Rohwer, parasite des chenilles de *Laspeyresia molesta* étudié récemment par D. Mc. Daniel et enfin *Amicroplus collaris* Spin., parasite des chenilles d'*Euxoa segetum* et de *Feltia exclamationis* L. Pospielov qui étudia la biologie de ce dernier parasite en Russie dès l'année 1912, ne fait pas mention des particularités de son développement embryonnaire.

En France, comme dans les régions de Russie où ce parasite a été observé, on constate l'existence de deux générations annuelles. Les adultes de la première éclosent à partir du mois de mai; ceux de la deuxième, en août. L'évolution larvaire de la génération de printemps est assez rapide; celle de la deuxième est beaucoup plus lente : fin septembre, beaucoup de larves ne sont pas encore écloses; j'ai même observé des embryons en voie de développement à la fin du mois de décembre. Les larves primaires, caractérisées par leur long appendice caudal, se rencontrent pendant la plus grande partie de l'hiver; à partir du mois de mars, l'évolution larvaire s'accélère. Parvenus au terme de leur croissance, les parasites se tissent un cocon dans la terre, au voisinage immédiat de la dépouille de l'hôte. Les cocons, rangés les uns à côté des autres, forment un amas recouvert d'un feutrage de couleur gris-brun. Quarante à cinquante larves, en moyenne, se développent dans une même chenille.

Chez les espèces à développement polyembryonnaire étudiées jusqu'ici, la multiplication des germes commence habituellement au stade morula. Le polygerme comprend un nombre variable d'individus, depuis 2 chez *Platygaster hiemalis* Forbes jusqu'à 2000 chez *Litomastix* (*Copidosoma*) *truncatellus* Dalm., parasite des chenilles de *Plusia gamma* L. Les embryons se développent dans une enveloppe commune ou trophamnios qui joue le rôle d'intermédiaire entre l'hôte et le parasite au point de vue des échanges nutritifs. On peut observer une dissociation précoce du germe comme chez *Copidosoma gelechiæ* How., et la formation de masses polygerminales secondaires, puis de morulas isolées pourvues d'un trophamnios indépendant.

Le développement embryonnaire d'*Amicroplus collaris* ressemble à celui de *M. ancylivorus*, mais en diffère cependant par un certain

nombre de points importants. Les œufs sont déposés principalement dans le tissu adipeux en des points variables du corps et parfois aussi dans la cavité générale des jeunes chenilles de *E. segetum*. Celles-ci reçoivent plusieurs coups de tarière et deux à trois œufs peuvent être déposés chaque fois. L'œuf en voie de développement se différencie très tôt en région embryonnaire et trophamnios : dès le premier clivage, les deux blatosmères, de forme arrondie et dont le noyau est pourvu d'un gros nucléole, peuvent être observés à l'intérieur d'une cavité du trophamnios dont la partie antérieure est coiffée largement par le paranucleus. La forme de cette masse nucléaire ne tarde pas à se modifier : des diverticules se forment qui tendent à entourer la cavité du trophamnios et dont l'aspect, sur coupe, fait penser à de petits noyaux indépendants. Après le troisième clivage en général (stade à huit blastomères), d'après les observations que j'ai pu faire, l'œuf se divise en quatre œufs secondaires pourvus chacun d'un paranucleus et de deux blastomères disposés, comme ceux de l'œuf primaire, à l'intérieur d'une cavité du trophamnios. Chaque œuf secondaire ou prégerme se développe ensuite suivant le type monoembryonnaire. Chez *M. ancylivorus*, la dissociation du germe issu de l'œuf primaire, dont le nombre des blastomères peut s'élever à 32, a lieu en plusieurs temps. Comme dans cette dernière espèce, les éléments provenant de la dissociation du germe peuvent être dépourvus de blastomères : on a affaire alors à des pseudo-germes qui grossissent et donnent naissance à des cellules géantes multinucléées. Ces pseudo-germes ne semblent pas devoir être confondus avec ceux qu'on rencontre à l'état isolé ou par deux à l'intérieur du tissu adipeux et qui ressemblent au œufs; leur paranucleus présente des diverticules plus ou moins nombreux et allongés; en grossissant, ils donnent également naissance à des cellules géantes multinucléées qui peuvent être observées jusqu'à la fin de l'évolution larvaire du parasite. L'origine de ces pseudo-germes n'a pu encore être déterminée. Un certain nombre de cellules géantes se rencontrent à l'état libre dans le sang.

Une proportion variable de germes provenant d'œufs pondus dans la cavité générale ou même à l'intérieur du tissu adipeux, peuvent avorter : ils se présentent alors sous l'aspect d'une masse d'éléments cellulaires dissociés, à noyau picnotique, entourée d'une couche plus ou moins épaisse d'amibocytes. D'après les observations que j'ai faites chez d'autres Insectes parasités par des Hyménoptères, il semble que la phagocytose des germes suive l'avortement de ceux-ci mais ne le provoque pas.

BIOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *Sur les effets du déterminisme sexuel chez un mâle féminisé.* Note (¹) de Mme **Véra Dantchakoff**, présentée par M. Maurice Caullery.

La résultante sexuelle dans l'organisme dépend, dans les conditions normales, d'une polarisation sexuelle spéciale de l'œuf fécondé. Or il a été montré que cette résultante est maintenue chez l'adulte, et en grande partie obtenue, par des actions corrélatives d'hormones.

L'entrée en fonction du déterminisme génétique sexuel se rapporte à un moment précoce de la vie embryonnaire. Or le mécanisme dans l'établissment des divergences sexuelles chez l'embryon est resté inconnu. Des résultats expérimentaux viennent montrer que des hormones sexuelles d'adultes peuvent devenir des facteurs décisifs dans l'histogenèse sexuelle d'un embryon à déterminisme génétique normal. Un tel embryon possède deux facteurs hétérologues : l'hormone introduite et le déterminisme sexuel génétique.

Une seule injection de folliculine dans la vie embryonnaire aurait suffi pour obtenir dans l'oiseau des effets contraires à son déterminisme sexuel, mais non durables. Une période prolongée femelle a été assurée à l'oiseau figuré par un traitement de folliculine systématique. L'hormone femelle a déployé, chez le mâle génétique, des effets spéciaux très électifs sur un groupe de tissus qu'il possédait, mais qui seraient restés inactifs dans les conditions normales. L'hormone a provoqué, dans ces substrats tissulaires, des processus évolutifs qu'un déterminisme génétique aurait provoqués chez une femelle véritable. D'où une résultante, contraire au déterminisme génétique de l'oiseau et qui semblait être durable.

Or, entre un mâle génétique féminisé par un traitement de folliculine et une femelle génétique, existe une différence essentielle. Le mâle féminisé possède, dans chacune de ses cellules, un déterminisme chromosmique mâle ; les différenciations, que les tissus spéciaux accomplissent chez lui à la suite d'hormonisation hétérologue, sont contraires aux implications de son déterminisme.

Une différenciation accomplie n'est ordinairement pas réversible. Elle ne peut que se maintenir ou régresser. Mais nombre d'organes possèdent des réserves de cellules indifférenciées. Celles des tissus spécifiques et univalents

(¹) Séance du 1er mars 1937.

ne peuvent que réaliser des structures d'une seule catégorie, alors que l'évolution des cellules bivalentes n'est pas fixée de façon indélébile : chacune de leurs potentialités se réalise en accord avec un facteur externe différent. Aussi la folliculine réussit-elle, chez le mâle, à accomplir, dans un groupe de substrats univalents, des différenciations irréversibles. Dans des substrats

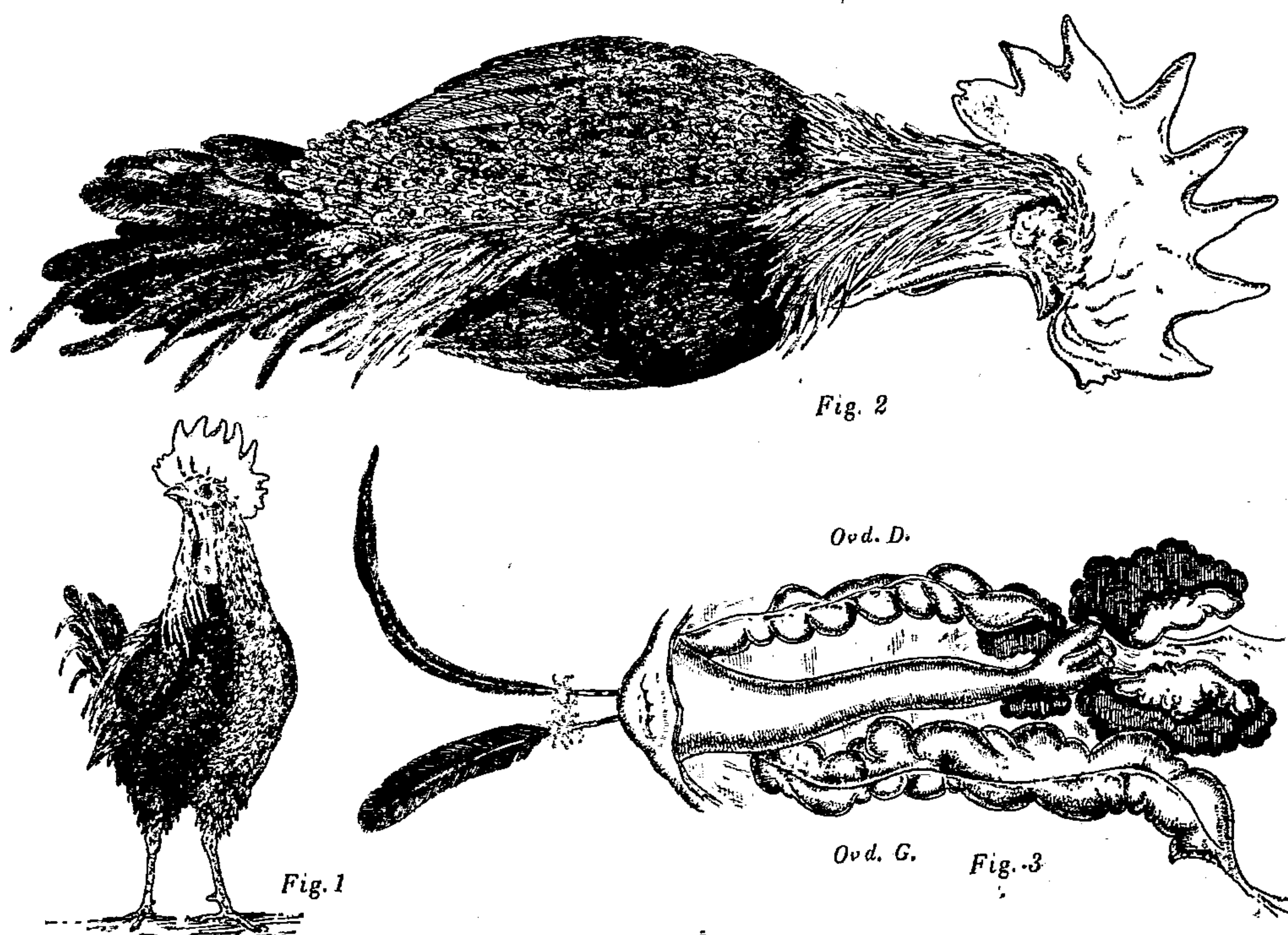


Fig. 1-2. Mâle féminisé après retour à son sexe génétique (sur le côté droit déplumé a repoussé un plumage mâle noir; du côté gauche, plumage femelle beige foncé, quelques plumes avec tâches noires). — 3. Organes génitaux internes après traitement systématique à la folliculaire; les gonades (de forme anormale) ont la structure microscopique de testicules; *Ovd.* D et *Ovd.* G, oviductes droit et gauche.

bivalents, l'action de la folliculine est mise en présence de doubles potentialités : les unes peuvent être évoquées par la folliculine, les autres par le déterminisme sexuel de l'organisme.

L'oiseau représenté sur les figures 1 et 2 a été traité systématiquement par de la folliculine. Son plumage remarquable, mi-mâle et mi-femelle fut obtenu par la méthode de Pézard, Sand et Caridroit. Une mue partielle, provoquée par déplumage, a permis de mettre simultanément en évidence les effets de l'état induit de féminisation dans ce mâle génétique et les effets de sa remasculinisation. L'oiseau fut déplumé sur la moitié droite du corps,

au moment où sa crête m'a paru atteindre des dimensions un peu trop élevées pour une poule normale. Alors les injections furent suspendues et, en deux mois, l'oiseau montra, sur son côté droit, le plumage propre au coq, avec les belles couleurs rouge, brique et vert et avec la forme et la distribution mâles de ses plumes. Du côté gauche, il conserva le plumage de poule. La crête, les barbillons et les ergots obéirent rapidement au déterminisme génétique sexuel; la crête acquit des dimensions énormes. La phase femelle n'a aucunement altéré dans cet oiseau ni la polyvalence des ébauches sexuelles, ni le mécanisme de son déterminisme génétique mâle. Quelques traces ineffaçables ont été léguées à ce mâle par les processus histogénétiques de sa phase femelle : la forme si particulière de ses gonades et de ses oviductes (*fig.* 3).

Dans l'édification des conduits sexuels de l'oiseau, a joué un principe d'addition d'actions successives de la part des deux facteurs sexuels. Les ébauches présentes chez l'oiseau en doubles garnitures ont évolué toutes les deux : les unes en fonction de l'hormone introduite, les autres en fonction du déterminisme sexuel génétique.

La structure nouvellement réalisée par la gonade de l'oiseau ne laisse aucun doute sur *le retour accompli à son sexe génétique*. Le tissu de l'ex-ovaire devint ce qu'il aurait dû devenir de prime abord et une spermatogenèse intense est manifestée dans l'organe. Le mâle féminisé par de la folliculine ne pondra pas d'œufs. La remasculinisation achevée, gardera-t-il la faculté d'en féconder?

BIOPHYSIQUE. — *L'absorption des rayons ultraviolets par le sérum et anaphylaxie.* Note de MM. **André Dognon**, **Wladislas Kopaczewski** et **Stanislas Marczewski**, transmise par M. Arsène d'Arsonval.

Nous avons étudié les spectres d'absorption dans l'ultraviolet de sérums de cobayes normaux, sensibilisés ou ayant subi le choc anaphylactique.

Technique expérimentale. — Un lot de cobayes était soumis pendant un certain temps (7 à 10 jours) à un régime alimentaire uniforme; on prélevait ensuite 1 à 2^{cm^3} de sang par ponction cardiaque, puis on les sensibilisait avec de l'ovalbumine à 1 pour 1000 par injection intrapéritonéale de $0^{cm^3},5$ de cette dispersion. Après un temps variant de 30 à 45 jours, on éprouvait ces animaux au point de vue de leur sensibilisation effective, en injectant, soit dans le cœur, soit dans la veine jugulaire, de la même ovalbumine en concentration de 1 pour 100, à raison de $0^{cm^3},2$. Lorsque l'intensité du choc

était satisfaisante, on procédait à la ponction cardiaque de tous les animaux sensibilisés; de plus, chez un certain nombre de cobayes on provoquait un choc et on prélevait du sang par ponction cardiaque, *post mortem*, alors que le cœur battait encore.

Le sang, après la coagulation, étant centrifugé, le sérum transparent séparé et dilué à raison de 1 pour 100 dans l'eau bidistillée. On expérimentait de la sorte sur le même animal et l'on pouvait étudier sur le sérum les modifications éventuelles au cours de la sensibilisation et après le choc mortel.

L'étude des spectres d'absorption a été faite au moyen d'un spectrophotomètre à cellule photoélectrique au potassium, utilisant un amplificateur à lampe-électromètre, et comme source de radiations, la lampe à hydrogène. On mesurait, successivement, les déviations du galvanomètre obtenues après la traversée d'une cuve de 1^{cm} d'épaisseur d'eau et de la même cuve remplie de sérum dilué.

Les résultats sont exprimés par les valeurs de la transmission des rayons ultraviolets pour 100 ($I/I_0 . 100$) où I est la déviation pour le sérum dilué et I_0 celle pour l'eau ayant servi à la dilution du sérum.

Résultats. — Nous avons examiné les spectres d'absorption du sérum des animaux normaux (50 cobayes), ceux des animaux sensibilisés (56 animaux) et, en troisième lieu, des animaux choqués (13 cobayes). Nous donnons ci-dessous les chiffres moyens.

Transmission des rayons ultraviolets par le sérum des cobayes normaux ou sensibilisés.

Longueurs d'onde (en $m\mu$).	Transmission pour 100. Animaux normaux.	Animaux sensibilisés.
350	87,6	85,0
317	90,7	85,0
310	88,5	79,0
303	80,6	68,5
297	62,8	51,3
290	43,1	31,5
285	30,6	21,0
280	28,4	20,5
275	29,1	22,5
270	33,5	26,4
265	38,6	32,0
261	44,4	37,0
258	47,6	45,4
254	50,1	44,0
250	49,4	42,2
248	43,5	35,0

Le tableau suivant donne les valeurs de la transmission pour des animaux choqués, comparée à celle des mêmes animaux avant le choc.

Transmission des rayons ultraviolets par le sérum avant et après le choc.

Longueur d'onde (mμ).	Choc faible		Choc moyen		Choc mortel	
	avant.	après.	avant.	après.	avant.	après.
310	76,2	82,0	88,0	93,6	74,9	84,4
293	51,7	61,2	60,0	67,0	54,7	71,9
285	26,6	35,3	29,5	39,7	25,6	45,6
280	25,0	34,5	27,7	38,4	24,6	45,9
275	26,3	35,8	29,4	44,1	26,8	48,8
270	29,0	38,3	33,3	45,3	30,4	54,8
265	33,3	40,0	38,3	48,4	34,8	58,0
261	35,6	40,9	47,7	55,7	41,1	62,6
258	36,8	43,3	48,3	56,2	49,0	64,4
254	37,5	44,7	50,0	58,5	47,1	67,3
250	37,7	44,3	50,9	56,4	38,2	66,6
248	33,3	34,5	41,7	52,6	26,8	57,7

Conclusions. — L'ensemble de ces faits peut être résumé ainsi :

1° La période de la sensibilisation s'accompagne chez les cobayes de la diminution marquée de la transmission par le sérum des rayons ultraviolets.

2° Chez l'animal ayant subi un choc violent cette transmission augmente et se rapproche de celle que l'on constate à l'état normal.

3° On peut interpréter ces faits, en admettant qu'au cours de la sensibilisation se produit une diminution du degré de dispersion de certains constituants sériques. Après le choc, ce degré de dispersion devient analogue à celui que l'on trouve à l'état normal, ce qui semble indiquer la disparition des éléments faiblement dispersés apparus au cours de la sensibilisation.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Recherche de petites quantités de cobalt dans l'urine humaine.* Note (¹) de Mme **Raymonde Duval** et M. **Jean-Marie Le Goff**, présentée par M. Georges Urbain.

Nous sommes parvenus à montrer que, d'une part, la solution acétique de l'α-nitroso-β-naphtol convient pour la recherche du cobalt dans l'urine,

(¹) Séance du 1er mars 1937.

et que, d'autre part, le cobalt dissimulé dans un complexe peut en être extrait par un mode opératoire simple.

Au préalable, nous avons vérifié que les sels simples cobalteux précipitent, en présence d'urée, sous l'action du réactif précédent et que l'acide urique n'altère pas sa solution.

Le cobalt a été recherché dans l'urine fraîche (urine de 24 heures) de personnes auxquelles 1 à 2^{cm^3} d'une solution isotonique de sels à métal bivalent, comme le chlorure $Cl^2[Co(H^2O)^6]$ ou de sels à métal trivalent, comme le chlorure roséo $Cl^3[CoH^2O(NH^3)^5]$, avaient été injectés par voie intramusculaire.

Si le cobalt est en très faible quantité, la coloration jaune de l'urine peut masquer la coloration rose ou brune du naphtolate. Il convient, dans ce cas, de former sur un papier blanc, l'image du fond du tube éclairé par son ouverture. On peut d'ailleurs comparer la teinte obtenue avec celle de personnes normales non soumises à un régime spécial. Cependant, nous avons remarqué que certains individus n'éliminent pas une quantité appréciable de cobalt pendant la première période de 24 heures qui suit l'injection.

Lorsque celle-ci a porté sur un complexe cobaltique, le cobalt se retrouve alors dans l'urine, dissimulé dans le même ou dans un autre complexe; l'essai au nitroso-naphtol reste négatif. On pourrait détruire le complexe, en faisant bouillir, pendant une demi-heure, l'urine avec l'acide sulfurique et neutralisant par l'ammoniaque, mais nous avons préféré effectuer une concentration du cobalt par électrolyse de l'urine. Ce liquide est alors disposé dans un tube en U non muni de robinets, dont les branches ont 3 à 4^{cm} de diamètre et 25 à 35^{cm} de longueur. Chaque branche est munie d'une électrode de platine. La tension utilisée varie de 60 à 80 volts et l'intensité du courant se maintient à 0,2 A pendant la première demi-heure. Pendant ce temps, la branche anodique prend une coloration brunâtre, puis se décolore. Peu à peu, la branche cathodique se colore à son tour en jaune plus foncé que la teinte initiale de l'urine. Un précipité blanc apparaît dans cette branche, monte au contact de la cathode, puis précipite au fond du tube. Au bout de 6 heures, on trouve un dépôt noir sur le fil cathodique; on peut le dissoudre dans l'acide azotique et caractériser alors le cobalt dans la solution obtenue. Rappelons que le réactif utilisé permet de déceler le cobalt, en solution aqueuse, jusqu'à la concentration du millionième et que le poids limite ainsi décelé est 0,05 de gamma.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *La dualité des formes oxydées et la polarisation de la vitamine C mises en évidence par ses deux réactions réversibles avec l'acide phosphomolybdique.* Note de M. **Nicolas Bezssonoff** et Mlle **Mélanie Woloszyn**, présentée par M. Maurice Javillier.

L'acide phosphomolybdique provoque dans les solutions acides de la vitamine C et de l'hydroquinol une coloration bleue ou verte. La coloration bleue maxima est conditionnée par un rapport entre les quantités de vitamine et d'acide variant de 176/3000 à 176/4500, selon que l'acidité de la solution n'atteint pas le pH 2 ou s'approche du pH 1. Quand on diminue la quantité du réactif, la coloration bleue faiblit; quand on l'augmente, elle vire au vert. Le retour à la coloration bleue se fait en renforçant la concentration de la vitamine ou en introduisant, avant l'action du réactif, de la cystéine. Cette dernière, seule, ne donne aucune réaction colorée avec l'acide phosphomolybdique, mais abaisse le potentiel oxydo-réducteur du milieu. Dans le cas de l'hydroquinol on obtient la coloration bleue en augmentant de beaucoup le taux de ce faible réducteur par rapport à l'oxydant.

L'acide phosphomolybdique étant introduit à raison de $7^{mg},5$ par 10^{cm^3} d'une solution ajustée au pH 2,35, les concentrations limites qui déterminent la réaction bleue avec la vitamine et avec l'hydroquinol sont respectivement, $25\,N\,10^{-5}$ et $2000\,N\,10^{-5}$. La valeur du potentiel oxydo-réducteur des deux solutions atteint $+490$ et $+526$ m. V. A molarité égale, le potentiel de l'hydroquinol dépasse celui de la vitamine d'environ $+150$ m. V. La quantité de colorant bleu produite par unité de poids de la vitamine varie avec la concentration de cette dernière. La coloration bleue maxima des solutions d'acide ascorbique $100\,N\,10^{-5}$ et $10\,N\,10^{-5}$ est égale respectivement à 512 et 126 unités colorimétriques. En dehors de ces limites, l'influence de la concentration devient faible.

Une influence analogue de la concentration sur l'activité de l'acide ascorbique se manifeste quand on étudie le potentiel oxydo-réducteur de ses solutions et leur pouvoir de fixer l'oxygène (1).

Virant l'une dans l'autre sous l'influence des changements du potentiel,

(1) N. Bezssonoff, *Journ. Chim. Phys.*, 32, 1935, p. 210; N. Bezssonoff et Mme M. Woloszyn, *C. R. Soc. Biol.*, 122, 1936, p. 941.

les réactions bleue et verte de la vitamine et de l'hydroquinol doivent marquer deux étapes de leur oxydation réversible. En vue de le démontrer dans le cas de la vitamine, nous avons, après avoir obtenu les réactions bleue et verte maximum, traité les solutions par SH^2. Les dosages accusèrent la présence de plus de 94 pour 100 de la vitamine. D'autre part, dans les milieux où a été réalisée la réaction colorée, on constate après précipitation du colorant vert, l'absence complète des réactions de la vitamine. L'action de l'SH^2 la régénère. Ainsi se trouve confirmée l'existence de deux formes oxydées réversibles de la vitamine C, démontrées antérieurement par d'autres moyens (²).

Divers polyphénols, éprouvés à l'acide phosphomolybdique, ne donnèrent jamais les mêmes réactions que la vitamine et l'hydroquinol. Le pyrocatéchol provoque une coloration jaune et le pyrogallol une coloration jaune-vert. Les spectres d'absorption de tous ces milieux colorés diffèrent nettement entre eux. Signalons cependant que, d'après Ettori [1936 (³)], le sulfate de titane donne avec la vitamine une réaction colorée qui est spécifique pour le groupe $C(OH) = C(OH)$ et n'est point provoquée par l'hydroquinol.

Par ailleurs Hirst, Euler, Micheel et Reichstein (1933, 1934), ont apporté la preuve de l'existence du groupe $C(OH) = C(OH)$, dans l'acide ascorbique. Néanmoins, ainsi que l'ont noté Wurmser, puis Carpeni (1936) (⁴), la présence d'un tel groupe ne semble pas concorder avec les valeurs des constantes de dissociation de la vitamine. On doit donc admettre que ce groupe acquiert dans cette molécule des propriétés spéciales.

Les données concernant les réactions avec l'acide phosphomolybdique le confirment. D'après elles, le groupe $C(OH) = C(OH)$ du pyrocatéchol est privé d'une particularité commune aux groupes analogues de la vitamine et de l'hydroquinol. Sa nature apparaît à l'examen des caractères qui rapprochent ces deux substances en les éloignant du pyrocatéchol.

G. Bertrand a montré dès 1894 (⁵) que l'hydroquinol est un réducteur plus fort que le pyrocatéchol. D'après Ball et Chen (1932) et Bezssonoff, Delire et Van Wien (1934) le potentiel des solutions de ce dernier dépasse d'environ $+100$ et $+60$ mV celui de l'hydroquinol. Sous ce rapport,

(²) N. Bezssonoff et Mme Woloszyn, *Comptes rendus*, 203, 1936, p. 275.
(³) J. Ettori, *Comptes rendus*, 202, 1936, p. 852.
(⁴) *Comptes rendus*, 203, 1936, p. 75.
(⁵) *Comptes rendus*, 118, 1894, p. 1215.

l'hydroquinol se rapproche donc plus de la vitamine que le pyrocatéchol. Toutefois, les réactions bleue et verte précitées ne sont pas données par le pyrogallol, qui développe un potentiel plus bas que celui de la vitamine et possède un groupe C(OH)=C(OH). Elles dépendent donc en premier lieu de l'influence qu'exercent sur le groupe intéressé certaines particularités de la structure des corps qui les fournissent. Comparant la structure de ces derniers, on remarque que les deux oxhydriles de l'hydroquinol se disposent sur les pôles de la molécule et que le groupe ène-diol de la vitamine subit l'influence des groupements connexes de charge contraire et se trouve donc polarisé. C'est là un caractère qui le distingue du groupe analogue du pyrocatéchol.

Il s'ensuit que les propriétés du groupe ène-diol de la vitamine C sont, au moins en partie, imputables à sa polarisation.

TUBERCULOSE. — *Sur la prémunition antituberculeuse du singe par injection de bacilles tuberculeux à colonies lisses.* Note (1) de MM. **Léopold Nègre** et **Jean Bretey**, présentée par M. Félix Mesnil.

Nous avons antérieurement signalé, avec J. Valtis (2) que l'injection préalable de bacilles tuberculeux à colonies lisses, isolés de certains produits pathologiques humains, confère au cobaye et au lapin une résistance prononcée à une infection tuberculeuse d'épreuve. Ces propriétés prémunisantes ont été confirmées avec des souches analogues par A. Saenz, L. Costil et M. Sadettin (3), par J. Valtis et par F. Van Deinse (4).

Ces bacilles à colonies lisses se montrent peu pathogènes pour le cobaye, le lapin et le singe, soit d'emblée, dès leur premier isolement, soit après un certain nombre de réensemencements sur les milieux de culture. Dans certains cas, cependant, ils ont pu reprendre une certaine virulence pour les animaux de laboratoire. Ils paraissent avoir un grand pouvoir de dispersion dans l'organisme des animaux auxquels ils sont inoculés et y persistent pendant plusieurs mois. Nous avons constaté que l'inoculation

---

(1) Séance du 1er mars 1937.

(2) *C. R. Soc. Biol.*, **114**, 1933, p. 1060, et **118**, 1935, p. 295; *Bull. Acad. Méd.* **115**, 1936, p. 341; *Ann. Inst. Pasteur*, **56**, 1936, p. 609.

(3) *C. R. Soc. Biol.*, **120**, 1935, p. 300.

(4) *C. R. Soc. Biol.*, **121**, 1936, p. 18; **123**, 1936, p. 747.

intraveineuse de 1^{mg} de ces bacilles au singe cynocéphale provoque une augmentation des ombres hilaires et périhilaires avec amaigrissement et fièvre passagère et une abondante formation d'anticorps.

A la suite des résultats favorables que nous avons obtenus dans une expérience unique sur un singe cynocéphale ([5]), en même temps qu'Armand-Delille ([6]) et Mlle Bloch sur un *Cynomolgus*, nous avons entrepris des essais de vaccination de nouveaux singes avee deux souches de bacilles tuberculeux à colonies lisses isolées, l'une avec J. Troisier, d'une urine de malade (souche Ag.), l'autre du sang d'un lapin infecté par la voie sous-cutanée avec un bacille d'origine humaine (souche Va.).

Les 7 singes cynocéphales utilisés dans ces expériences, de même que les 5 témoins, ont été préalablement examinés par la radiographie pulmonaire, l'ophtalmo-réaction à la tuberculine brute ([7]) et l'épreuve de la déviation du complément en présence du sérum de ces animaux et d'antigène méthylique.

Nous avons utilisé, pour vacciner ces animaux, soit la voie intraveineuse (dose unique de 1^{mg}), soit la voie sous-cutanée (dose unique de 10^{mg}). A la suite des observations faites par J. Beerens et par l'un de nous dans la vaccination par le BCG, sur l'efficacité plus grande de doses fractionnées de ce germe, nous avons, d'autre part, répété chez d'autres singes les injections intraveineuses (trois injections de $0^{mg},01$, $0^{mg},1$ et 1^{mg} à 1 mois d'intervalle) et sous-cutanées de ces bacilles (dix injections de $0^{mg},01$). Les infections d'épreuve ont été réalisées par inoculation sous-cutanée de $0^{mg},001$ d'un bacille humain de virulence moyenne ou de $1/15000^e$ de milligramme d'un bacille bovin très virulent.

Les résultats les plus démonstratifs ont été obtenus dans le lot des deux cynocéphales prémunis par trois injections intraveineuses répétées de bacilles à colonies lisses. Alors que les deux témoins sont morts en 2 mois et demi et 3 mois et demi avec des lésions généralisées aux principaux organes, les deux singes prémunis et éprouvés, sacrifiés au même moment, ne présentaient aucune lésion macroscopique de leurs organes.

Après ces derniers, les singes qui ont acquis la résistance la plus pro-

---

([5]) *C. R. Soc. Biol.*, **121**, 1936, p. 150.

([6]) *C. R. Soc. Biol.* **121**, 1936, p. 151; *Comptes rendus*, **202**, 1936, p. 1463.

([7]) La tuberculine brute, et non la tuberculine diluée comme dans la méthode de Calmette, nous a donné des résultats positifs chez des sujets infectés.

noncée par l'injection prémunisante sont ceux qui ont reçu en une seule fois 1^{mg} de bacilles à colonies lisses par la voie veineuse.

L'un d'eux ne présentait aucune lésion macroscopique des organes, l'autre, qui avait reçu, antérieurement à l'injection intraveineuse, 10^{mg} de bacilles lisses sous la peau, avait 3 tubercules sur la rate et 1 tubercule sur un poumon, tandis que les témoins, morts 6 mois et 2 mois après l'inoculation virulente d'épreuve, avaient de nombreux tubercules sur différents organes.

Chez un cynocéphale vacciné par 10 injections sous-cutanées de 0^{mg},01 de bacilles à colonies lisses et mort d'une infection intercurrente 5 mois après l'inoculation virulente d'épreuve, les seules lésions constatées ont été 4 petits tubercules disséminés sur la rate. Les coupes histologiques des poumons et du foie de cet animal n'ont pas révélé la présence, dans ces organes, de lésions tuberculeuses. Le singe témoin, mort un mois plus tard, avait un certain nombre de tubercules sur les poumons ainsi qu'un volumineux tuberculome dans la cavité péritonéale et de gros ganglions caséeux de la chaîne iliaque droite.

Par contre, chez deux cynocéphales prémunis par la voie sous-cutanée par injection unique de 10^{mg}, il n'y avait qu'une différence de degré entre les lésions des vaccinés et celles des témoins, sensiblement plus prononcées.

Il ressort de ces essais que, pour l'immunisation des singes cynocéphales par les bacilles tuberculeux à colonies lisses, la voie veineuse paraît supérieure à la voie sous-cutanée et que, pour chacune de ces voies, les injections répétées de ces bacilles donnent de meilleurs résultats que l'injection d'une dose unique.

Ce n'est qu'après l'injection préalable à trois reprises et à un mois d'intervalle de 0^{mg},01-0^{mg},1 et 1^{mg} de bacilles à colonies lisses que les singes ensuite éprouvés par inoculation sous-cutanée de 0^{mg},001 d'une souche de bacilles tuberculeux humains de virulence moyenne, n'ont présenté aucune lésion de leurs organes au moment de la mort des témoins qui avaient une tuberculose généralisée.

CHIMIOTHÉRAPIE. — *Nouvelles recherches sur l'action vis-à-vis des cancers des complexes organicométalliques solubles des acides ascorbique et déhydrascorbique, où le fer est remplacé par le cuivre ou le titane.* Note ([1]) de MM. **Fernand Arloing, Albert Morel** et **André Josserand.**

En publiant notre dernière Note ([2]) sur l'essai de chimiothérapie du cancer par les complexes des acides ascorbique et déhydrascorbique, nous indiquions que nous ferions connaître les possibilités d'emploi de ces corps où le fer a été remplacé par le cuivre ou le titane.

Dans l'ensemble, ils n'ont pas donné des résultats supérieurs à ceux des complexes ferriques et ils ont l'inconvénient d'être d'un maniement plus délicat.

I. *Complexe du titane.* — On peut obtenir un complexe titanicosodique rouge, à partir de l'acide ascorbique, et un complexe titanicosodique jaune clair à partir de l'acide déhydrascorbique. Ce dernier seul a été utilisé par nous, le premier paraissant moins bien toléré. La dose employée a été de $0^{g},025$ chaque jour, par voie intra-veineuse, dissoute dans $1^{cm^3},5$ d'eau bidistillée.

De bons résultats ont été obtenus vis-à-vis de néoplasmes de la langue, du sein, de l'estomac, où des rétrocessions partielles ont été observées, suivies d'une stabilisation de plusieurs mois.

Les inconvénients en sont, d'une part, l'inconstance d'action, et, d'autre part, des cas particuliers d'intolérance médicamenteuse qui sont très rares et n'ont jamais été sérieux, mais ont dû pourtant faire parfois cesser le traitement. On sait que des faits analogues d'intolérances individuelles ont été signalés en dermatologie.

Il en résulte que les complexes titaniques ne nous paraissent pas devoir être utilisés d'emblée, mais seulement dans les cas où les complexes ferriques n'auraient pas donné de succès, ou bien auraient épuisé leur action.

II. *Complexes du cuivre.* — Seuls peuvent être obtenus les complexes à partir de l'acide déhydrascorbique, en raison de l'action réductrice

---

([1]) Séance du 1er février 1937.

([2]) *Comptes rendus,* 201, 1935, p. 745.

classique de l'acide ascorbique lui-même. Nous avons préparé des complexes cuprisodiques bleu-verts, solubles, avec adjonction possible de baryum ou de plomb.

Ces complexes sont très bien tolérés dans tous les cas, contrairement aux complexes titaniques. L'injection quotidienne intra-veineuse est faite à la même dose de $0^{g},025$.

L'action semble un peu moindre que celle des complexes ferriques; elle est pourtant utile dans deux cas, soit pour remonter l'état général par sa substitution à un traitement par complexes ferriques, soit pour permettre une action plus marquée et plus prolongée sur un néoplasme, en intercalant une série de complexe cuprique entre deux séries de complexes ferriques.

Nous avons employé avec avantage une telle alternance dans le traitement de néoplasmes du sein, de l'estomac et du rectum.

Les complexes du titane et du cuivre sont donc utiles pour faciliter l'action de la chimiothérapie par complexes ferrico-ascorbiques, mais les difficultés d'emploi du premier, l'activité limitée du second font qu'il ne semble pas qu'on puisse espérer trouver de leur côté un perfectionnement très important de cette méthode.

NEUROLOGIE. — *A propos de la réparation chirurgicale des pertes de substances traumatiques des nerfs périphériques.* Note (¹) de M. **Jean Nageotte.**

La Note de A. Gosset et I. Bertrand (²) soulève certaines questions théoriques et pratiques au sujet desquelles je désire présenter quelques observations.

Ayant étudié expérimentalement la régénération nerveuse et ayant observé, d'autre part, le comportement des greffons conjonctifs morts hétéroplastiques introduits dans l'organisme, j'ai été amené à substituer le greffon du nerf mort à la *suture tubulaire* de Vanlair (1917). Je me suis convaincu, en effet, qu'il est nuisible d'enfermer les jeunes neurites dans un tube, où ils se nourrissent mal, et qu'il vaut mieux leur offrir un con-

(¹) Séance du 1er mars 1937.
(²) *Comptes rendus*, 204, 1937, p. 391.

ducteur perméable à structure orientée, où ils sont attirés par stéréotropisme et où ils tendent à se rassembler, sans chercher à s'échapper. Ainsi est née la méthode du traitement des pertes de substance des nerfs par la greffe d'un nerf fixé dans l'alcool ([3]).

Cette méthode a conduit pendant la guerre à de nombreux insuccès, expliqués par les conditions défavorables que chacun sait. D'ailleurs la technique des opérations les plus simples de la neuro-chirurgie périphérique, telles que les sutures après sections sans perte de substance, n'était pas encore bien fixée. Beaucoup de chirurgiens suturaient trop serré, ce qui est antiphysiologique. Une bonne suture de nerf est difficile à faire; la moindre imperfection influe sur le résultat final.

Après la guerre les résultats ont été meilleurs. Je citerai seulement le travail de L. Vargas Salcado, de Santiago (Chili) ([4]); l'auteur possède plus de 100 observations favorables de greffes de nerf de veau conservé dans l'alcool. L'une des observations qui ont été publiées est remarquable; elle concerne un homme de 17 ans blessé à la partie inférieure de l'avant-bras en tombant sur un tas de bouteilles. Lésion des tendons fléchisseurs et du médian; opération 6 mois après; restauration des tendons; *résection du médian sur 12^{cm} et greffe de deux tronçons de nerf de veau conservés dans l'alcool.* Au bout de 3 mois, démangeaisons dans la partie anesthésiée. Au bout de 5 mois toute anesthésie a disparu. Au bout de 5 ans la guérison s'est maintenue; la motilité et la sensibilité sont normales; la force des deux mains est égale. On ne peut pas demander mieux et il n'est pas prouvé que les résultats obtenus avec la variante introduite par A. Gosset et I. Bertrand, dans le choix du greffon, puissent être supérieurs.

Dans le greffon de moelle les jeunes neurites pénètrent comme dans les fascicules du nerf, le principe est le même; il n'y a là rien de paradoxal, car l'inefficacité de la régénération des centres ne résulte pas, comme le croient A. Gosset et I. Bertrand, de ce que le parenchyme médullaire vivant s'oppose à tout phénomène régénératif des axones, ce qui d'ailleurs n'est pas exact, mais de l'absence de gaine de Schwann autour des neurites centraux, sans parler de la complexité de ces centres, où les neurites régénérés se perdent. Ce sont là des facteurs étrangers au cheminement des

---

([3]) J. Nageotte, *L'organisation de la matière*, Paris, 1922 (contient tous les travaux exécutés depuis 1914).

([4]) *Presse médicale*, 33, 29 avril 1925, p. 558.

produits de régénération des nerfs dans un tissu mort, à structure orientée.

La comparaison des résultats donnés par le nerf de veau et la moelle de lapin, employés comme greffons, ne peut être établie qu'à l'aide d'une expérimentation méthodique, d'ailleurs facile à faire, car le chien supporte très bien la section simultanée des deux sciatiques, c'est de cette façon que j'ai pu comparer les résultats donnés par le greffon du nerf mort avec ceux de la suture tubulaire, à l'aide d'un tronçon de veine.

Cette recherche pourrait apporter quelques renseignements sur un point de théorie important. Les nerfs, dont le centre trophique est dans la moelle et les ganglions, se nourrissent sur place, avec l'aide de l'appareil de Schwann, leur satellite indispensable. Est-il possible de modifier favorablement la composition du milieu intérieur local où se nourrissent les éléments de régénération ? J'ai admis théoriquement, sans preuve à l'appui, que la croissance des jeunes neurites pouvait être favorisée par la lipoïdophagie dont le greffon est le siège; en tout cas, cette lipoïdophagie est manifestement accélérée dans les régions envahies par les produits de régénération. Le processus régénératif débute à l'extrémité supérieure par un large névrome; puis le tractus nerveux néoformé s'amoindrit progressivement jusqu'à la rencontre du bout inférieur du nerf, pendant que les neurites de nouvelle formation s'amincissent de plus en plus. Cet amoindrissement du nerf régénéré est constant; il n'empêche d'ailleurs pas le membre opéré de récupérer intégralement ses fonctions. La présence d'une plus grande quantité de lipoïdes dans le greffon de moelle peut-elle modifier l'état anatomique du nerf régénéré ? La vérification expérimentale est à faire. Mais, même si cet amoindrissement est diminué par la qualité du greffon, il ne sera pas supprimé, parce qu'il est en rapport avec un facteur physiologique d'ordre supérieur. La poussée régénérative est déclenchée par l'excitation traumatique, dont les effets s'atténuent progressivement avec le temps. L'idéal serait d'entretenir pendant le temps voulu cet état d'excitation par des moyens thérapeutiques, peut-être sérologiques. On pourrait ainsi obvier aux variations individuelles de l'aptitude à la régénération, dans lesquelles l'âge intervient, et rendre moins aléatoires les résultats de la chirurgie. Nous n'en sommes pas encore là.

A $15^h 50^m$ l'Académie se forme en Comité secret.

COMITÉ SECRET.

La Section de Chimie, par l'organe de son doyen, M. Béhal, présente la liste suivante de candidats à la place vacante par la mort de M. *H. Le Chatelier.*

En première ligne..........	M. **Paul Lebeau**,
En seconde ligne, ex æquo, *par ordre alphabétique*....	MM. **Edmond Blaise**, **Paul Pascal**, **Marcel Sommelet**, **Marc Tiffeneau**, **André Wahl**.

L'Académie ajoute à cette liste le nom de M. **Pierre Jolibois**.

Les titres de ces candidats sont discutés.

L'élection aura lieu en la prochaine séance.

La séance est levée à 17^h45^m.

A. Lx.



ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 15 MARS 1937.

PRÉSIDENCE DE M. EMMANUEL LECLAINCHE.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Ministre de l'Éducation Nationale** adresse ampliation du décret, en date du 6 mars 1937, portant approbation de l'élection que l'Académie a faite de M. **Charles Mauguin** pour occuper dans la Section de Minéralogie la place vacante par le décès de M. *F. Wallerant.*

Il est donné lecture de ce décret.

Sur l'invitation de M. le Président, M. **Charles Mauguin** prend place parmi ses Confrères.

GÉOLOGIE. — *Sur la question de l'Ozarkien au Groenland.* Note (1) de M. **Lauge Koch.**

On a cru un certain temps pouvoir tourner la difficulté qu'offre le parallélisme des formations du Paléozoïque inférieur de l'Europe et du continent américain par l'intercalation d'un nouveau terme, entre le Cambrien et l'Ordovicien, à savoir l'Ozarkien. C'est surtout l'éminent stratigraphe américain Ulrich qui a cherché la solution du problème de ce côté. Pour le Groenland septentrional et oriental on a admis une échelle stratigraphique du même genre (2). Depuis lors les stratigraphes américains, en particulier Resser, le savant paléontologiste du Musée national des États-Unis, ont approfondi l'étude du problème, ce qui les a amenés à abandonner l'hypothétique étage Ozarkien. La question de l'étage Ozarkien au Groenland doit donc être reprise, puisqu'elle semble être d'une certaine

(1) Séance du 15 janvier 1937.

(2) Lauge Koch, *Geologie von Grönland*, VII + 159 pages, 12 figures. Berlin 1935.

importance, vu la situation des gisements entre le continent américain et l'Europe septentrionale. Un bref aperçu de l'évolution du problème peut donc avoir un certain intérêt.

Pendant mes voyages au Groenland septentrional et oriental j'ai subdivisé la série paléozoïque et subcambrienne et j'y ai récolté des collections fossilifères dans différents étages. Une grande partie de ces matériaux a été transmis à M. Chr. Poulsen pour la détermination paléontologique. Deux descriptions en ont paru ([3]) Dans un essai de synthèse ([2]) paru en 1935, j'ai encore conservé le terme d'Ozarkien, bien que la découverte de graptolites de l'Ordovicien inférieur dans le niveau du Cassfjord du Groenland oriental rendait l'existence de l'Ozarkien assez douteuse. Mais je ne voulais pas devancer la publication des déterminations paléontologiques par M. Poulsen.

On comprendra qu'en automne 1935 j'aie été très étonné que M. Poulsen, assisté de quelques autres personnes, ait critiqué en termes excessivement vifs ma proposition, que le terme d'Ozarkien ne pouvait être maintenu en ce qui concerne le Groenland ([4]).

Pendant un séjour en Amérique j'aie pu constater que beaucoup de stratigraphes américains étaient très sceptiques en ce qui concerne l'existence de l'Ozarkien; ce qui m'en faisait douter encore plus, c'était le fait qu'à l'exception du niveau du Cap Clay (attribué alors à l'Ozarkien supérieur ?) les autres niveaux, à savoir celui du Cassfjord (attribué alors à l'Ozarkien supérieur), celui du Cap Frédéric VII (Ozarkien inférieur ?) et celui du Pemmicam River (Cambrien supérieur ?), sont seulement caractérisés par des faunes pauvres, ne donnant pas les moyens suffisants pour les paralléliser avec d'autre faunes d'Amérique. Dans ses déterminations, Poulsen s'est laissé guider par l'impression que ces formes avaient un habitus plus ou moins ozarkien et cambrien supérieur, mais une corrélation directe n'en est pas possible.

Ayant lu ma Note récente sur la structure du Groenland ([5]), le professeur Resser a bien voulu mettre à ma disposition les résultats suivants (lettres du 20 octobre et 24 novembre 1936) pour lesquelles j'aimerais lui

([3]) Chr. Poulsen, *Medd. om Grönland*, **70**, II, p. 233-343, 10 figures, pl. 14-21; Copenhague, 1927, **87**, VI, 66 pages, 6 figures, 14 planches, 1932.

([4]) O. B. Böggild, Richard Bögvad, Karen Callisen, Hans Frebold, Helge Gry, Knud Jessen, Victor Madsen, A. Noe-Nygaard, Christian Poulsen, Alfred Rosenkrantz, Curt Teichert, *Medd. fra Dansk Geologisk Forening*, **8**, p. 497-511, Copenhague 1935.

([5]) Lauge Koch, *Geologische Rundschau*, **27**, p. 9-30, 9 figures, 1 planche, Stuttgart, 1936.

exprimer mes sincères remerciements : En parlant du genre *Clavaspidella* Resser ([6]) m'écrit : « Poulsen n'était pas sûr en ce qui concerne l'âge du niveau du Cap Frédéric VII, mais il semble nettement correspondre à une partie du niveau de Stephen; il est donc Cambrien moyen ».

Le genre *Ptychoparella* serait particulièrement distinctif de la partie haute du Cambrien supérieur. La stratigraphie du Groenland s'harmonise donc avec celle des Appalaches. Le niveau du Cap Frédéric VII, aussi bien que celui du Pemmican River correspondent au Cambrien moyen. Le niveau du Cassfjord commence avec le Canadien (communication par lettres).

Cela veut dire que le Cambrien supérieur n'est pas représenté dans le Groenland septentrional. Cette lacune correspondrait à la phase de Tryssil des auteurs norvégiens. Le tableau suivant représente l'état actuel de la stratigraphie du Groenland septentrional.

Ordovicien supérieur.	Niveau du Cap Calhoun	180m	d'abord calcaire gréseux puis calcaire pur.	Richmond.
	Niveau de Troedsson Cliff	60m?		Trenton?
	Niveau du Gonioceras Bay	50m?		Black River.
	Niveau du Cap Webster	290m	calc. et congl. intraform.	Chazy?
Arenig.	Calcaire à Ostracodes	40m	calcaire.	Canadien supérieur.
	Gréseux à Gastropodes	10m	gréseux.	
	Congl. à *Phyllograptus*	20m	congl. calcaire.	
	Calcaire à *Isoteloides*	20m	congl. calcaire.	
	Calcaire à *Didymograptus*	50m	calcaire.	
Tremadoc.	Niveau du Cap Clay	40m	congl. calcaire, calcaire, congl. interform.	Canadien.
	Niveau du Cap Cassfjord	400m		
	Lacune.			
Cambrien.	Niveau du Cap Frédéric VII et Pemmicam River	60m	calcaire pur, calcaire schisteux et gréseux.	Cambrien moyen.
	Niveau du Cap Wood	10m	calcaire, conglomérat.	
	Niveau du Cap Kent	10m	calcaire pur.	partie sup. du Cambrien inférieur.
	Niveau du Wulff River	30m	conglomérats avec blocs fossilifères.	partie moy. du Cambrien inférieur.
	Pénéplénation.			

([6]) CHAS. E. RESSER, *Smithsonian Miscellaneous Collections*, **93**, v, 1935, p. 1-46.

PHYSIOLOGIE. — *Diffusion de l'alcool éthylique chez les animaux marins et hypothèse d'une eau liée.* Note de M. **Maurice Nicloux.**

Les recherches que j'ai poursuivies au cours de ces dernières années sur la diffusion de l'alcool éthylique ([1]) m'ont amené à émettre l'hypothèse que, pour le poisson plongé dans de l'eau ordinaire faiblement alcoolisée (1,6 à 2 pour 1000), milieu dans lequel il vit normalement, une partie de l'eau contenue dans son corps serait engagée dans un complexe protéine-eau imperméable à l'alcool.

J'ai appelé k ce que devient l'unité de poids de matière protéique (en première approximation la substance sèche) en fixant la quantité $K = k - 1$ d'eau.

Je renvoie aux mémoires originaux pour le détail des expériences et la discussion de leurs résultats. Qu'il me suffise de dire que le coefficient k oscille entre 1,4 et 1,6 (chiffres extrêmes) pour les différents animaux étudiés : Goujon, Tanche, Carpe, Grenouille, Sangsue, Têtard et qu'il est complètement indépendant de l'état d'hydratation des organismes eux-mêmes : il a sensiblement la même valeur, par exemple, chez le Goujon, dont l'eau représente 78 pour 100 du poids du corps, que chez le Têtard pour lequel la proportion d'eau s'élève à 93,5 pour 100.

L'étude de l'influence de la concentration moléculaire mérite d'être mentionnée à part : que l'on place un poisson comme le Goujon dans de l'eau douce ou dans du liquide de Ringer, et l'on voit le coefficient k, qui, à l'état normal, est de 1,43, passer à 1,30 et, dans du Ringer de concentration double, à 1,21. Bien plus, chez l'Anguille immergée dans de l'eau de mer artificielle plus ou moins diluée par de l'eau ordinaire, k s'abaisse de 1,47, chiffre normal dans de l'eau douce, à 1,24 dans l'eau de mer additionnée d'un volume égal d'eau douce et l'on note 1,12 dans l'eau de mer elle-même.

On saisit dans ces conditions tout l'intérêt que présentait la poursuite de l'expérimentation chez les animaux marins. J'ai pu réaliser ce projet au cours des étés de 1934 et de 1935 au Laboratoire maritime du Collège de France à Concarneau.

La technique que j'ai utilisée est à très peu près celle indiquée pour les animaux

---

([1]) M. Nicloux, *Comptes rendus*, 198, 1934, p. 983; *Soc. Biol.*, 115, 1934, p. 1284 et 1287; M. Nicloux et G. Gosselin, *Bull. Soc. Chim. biol.*, 16, 1934, p. 338; M. Nicloux, *Id.*, 16, 1934, p. 330 et 822.

d'eau douce. Les animaux sont placés dans de larges récipients contenant de l'eau de mer alcoolisée à 1,6 ou 2 pour 1000. Après 48 heures en général, temps suffisant pour que l'équilibre soit atteint, on détermine à la fois sur le même animal, ou sur les mêmes animaux, la teneur en alcool Q_a et la teneur s en substance sèche (protéine en première et suffisante approximation), puis la teneur en alcool Q_e du liquide extérieur (²); la valeur de k est donnée par la formule

$$k = \frac{100\left(1 - \frac{Q_a}{Q_e}\right)}{s}.$$

Je me bornerai à faire figurer dans le tableau ci-dessous les valeurs de k obtenues chez les différents animaux marins suivants, tous les détails devant figurer dans un mémoire d'ensemble qui paraîtra dans un autre Recueil.

Congre (*Conger vulgaris*)..........	1,14				
Vieille (*Labrus bergylta*)..........	1,09				
Seiche (*Sepia officinalis*)...........	1,14				
Ascidie (*Ciona intestinalis*).........	1,26				
Siponcle (*Sipunculus nudus*).......	1,27	1,27			
Loche (*Mortella mustela*)...........	1,18	1,16			
Plie (*Pleuronectes flesus*)...........	1,05	1.03	1,05		
Blennie (*Blennius pholis*)...........	1,06	1,07	1,16		
Langoustine (*Nephrops norvegicus*)..	1,13	1,20	1,20		
Actinie (*Sagartia parasitica*).......	1,15	1,14	1,16	1,19	1,11

Ces nombres sont loin de présenter la fixité de ceux constatés chez les animaux d'eau douce, même à l'intérieur d'une espèce donnée, vraisemblablement du fait que les conditions expérimentales ne sont pas identiquement les mêmes d'une expérience à l'autre, quelles que soient les précautions prises pour qu'il en soit ainsi. Ce qui ressort toutefois nettement de l'examen des nombres ci-dessus, c'est que la valeur de k est notablement inférieure chez les animaux marins à celle observée chez les animaux d'eau douce : le calcul conduit au chiffre moyen 1,15 pour les premiers, 1,45 pour les seconds. Ainsi se trouve confirmé le fait que la pression osmotique, d'accord avec mes recherches antérieures, joue un rôle capital pour ce qui est de la valeur du coefficient k.

Dès lors une contre-expérience s'imposait : elle allait consister à placer

(²) Le dosage de l'alcool est effectué par la méthode que j'ai fait connaître en 1931, elle permet d'évaluer 3 à 5^{mg} d'alcool à 2 pour 1000 près (M. NICLOUX, *Bull. Soc. Chim. biol.*, **13**, 1931, p. 857).

un animal marin dans de l'eau douce, ou, pour ceux qui ne peuvent la supporter, dans un mélange d'eau de mer et d'eau douce en proportion donnée. Je l'ai réalisée respectivement sur la Blennie (*Blennius pholis*) et sur la Plie (*Pleuronectes flesus*) et voici les résultats de la détermination de *k* dans ces conditions.

Pour la Blennie :

Eau de mer seule		1,06	1,07	1,16	
Mélange	Eau de mer 1, Eau douce 1	1,19	1,28		
	Eau de mer 1, Eau douce 3	1,52			
Eau douce seule		1,61	1,55	1,59	1,58

Pour la Plie :

Eau de mer seule		1,05	1,03	1,05
Mélange	Eau de mer 3, Eau douce 1	1,15	1,16	
	Eau de mer 1, Eau douce 1	1,26	1,32	1,31

De ces deux séries d'expériences on peut conclure qu'il suffit de faire baisser la concentration moléculaire du milieu qui entoure les animaux marins pour faire augmenter la valeur du coefficient *k*, de même que, chez les animaux vivant dans l'eau douce, l'augmentation de cette concentration moléculaire la faisait diminuer.

La comparaison est plus intéressante encore si l'on considère le cas de l'Anguille et de la Blennie. Pour l'Anguille adulte, que l'on peut considérer à cet état comme un animal d'eau douce, on voit *k* passer de 1,47 (chiffre moyen) à 1,12 (chiffre moyen) par immersion dans l'eau de mer. Inversement, pour la Blennie, animal marin, on voit ce même coefficient *k* passer de 1,10 (chiffre moyen) à 1,58 (chiffre moyen) par immersion dans l'eau douce. Le parallélisme est complet.

L'ensemble de ces données expérimentales, qui, certainement, pourront et devront un jour être utilisées en vue d'une discussion théorique de la validité de mon hypothèse sur l'existence d'un complexe protéine-eau dans lequel l'eau n'a plus ses propriétés dissolvantes habituelles, méritait, m'a-t-il semblé, d'être rapporté. Mes recherches continuent.

NOMINATIONS.

M. Ch. Jacob est désigné pour représenter l'Académie au *XVIIe Congrès Géologique international*, à Moscou et Leningrad, du 20 au 29 juillet 1937.

ÉLECTIONS.

L'Académie procède par la voie du scrutin à l'élection d'un Membre de la Section de Chimie en remplacement de M. *H. Le Chatelier*, décédé.

Le nombre des votants étant 56,

M. Paul Lebeau	obtient...........	37 suffrages
M. Paul Pascal	»	17 »
M. Marc Tiffeneau	»	2 »

M. **Paul Lebeau**, ayant réuni la majorité absolue des suffrages, est proclamé élu.

Son élection sera soumise à l'approbation de M. le Président de la République.

PRÉSENTATIONS.

Dans la formation d'une liste de candidats à la Chaire de Minéralogie, vacante au Muséum national d'Histoire naturelle, pour la première ligne, M. *Jean Orcel* obtient 46 suffrages; il y a 2 bulletins nuls.

Pour la seconde ligne, M. *Jean Wyart* obtient 42 suffrages; il y a 3 bulletins nuls.

En conséquence la liste présentée à M. le Ministre de l'Éducation Nationale comprendra :

En première ligne...............	M. **Jean Orcel**.
En seconde ligne................	M. **Jean Wyart**.

Dans la formation d'une liste de candidats au poste de Directeur de l'Institut de Météorologie et de Physique du Globe de l'Algérie, pour la première ligne, M. *Jean Coulomb* obtient 48 suffrages.

Pour la seconde ligne, M. *Paul Queney* obtient 34 suffrages et M. *Paul Seltzer* 16; il y a 2 bulletins blancs.

En conséquence la liste présentée à M. le Ministre de l'Éducation nationale comprendra :

En première ligne.............. M. **Jean Coulomb.**
En seconde ligne................ M. **Paul Queney.**

PLIS CACHETÉS.

M. **D. Broun** demande l'ouverture d'un pli cacheté reçu dans la séance du 25 février 1935 et enregistré sous le nº 10986.

Ce pli, ouvert en séance par M. le Président, contient une Note intitulée *Modifications apportées à l'action de l'insuline par addition d'une suspension colloïdale (gélatine).*

(Renvoi à la Section de Médecine et Chirurgie.)

CORRESPONDANCE.

L'**Académie Roumaine** adresse à l'Académie l'expression de ses sentiments de condoléances à l'occasion du décès de M. *Paul Janet.*

M. **René Pâris** adresse un Rapport relatif à l'emploi qu'il a fait de la subvention allouée sur la *Fondation Henry Le Chatelier* en 1934.

Le Président du Comité d'organisation du **Congrès international de Géographie**, qui aura lieu à Amsterdam du 18 au 28 juillet 1938, invite l'Académie à se faire représenter à cette assemblée.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° Erich Einecke. *Das Gallium, Eine kritische Würdigung der Erkenntnisse mit experimentellen Beiträgen.*

2° FRITZ LÖWE. *Atlas der Analysen-Linien der wichtigsten Elemente.* 2ᵉ Auflage.

3° Quatre brochures relatives à l'ÉCOLE POLYTECHNIQUE DE LISBONNE, publiées à l'occasion du *Premier centenaire* de la fondation de cet établissement.

GÉOMÉTRIE. — *Sur les espaces de Finsler à connexion affine.* Note de M. **MENDEL HAIMOVICI**, présentée par M. Élie Cartan.

Nous nous occupons dans cette Note des espaces de Finsler, dans lesquels on peut déterminer une connexion affine, dépendant seulement du point et qui conserve les longueurs. Pour le cas de deux dimensions ces espaces ont été déterminés par M. Berwald (¹). Pour le cas d'un nombre quelconque de dimensions on connaît peu de leurs propriétés (²).

1. Le groupe fondamental d'un espace de Finsler à connexion affine est un sous-groupe du groupe affine, qui déplace par translation une famille de surfaces Σ homothétiques (chaque surface dans son ensemble et non chacun de ses points). Si nous considérons en un point le groupe qui transforme les vecteurs, soit $X_\sigma f = a^i_{\sigma j}\xi^j p_i$, $a^i_{\sigma j} = ct$, celui-ci laissera invariante une expression $L(\xi^i)$ homogène en ξ^i, soit du premier degré.

2. Considérons en chaque point de l'espace un repère tel que la famille de surfaces Σ ait par rapport à lui l'équation $L(x^i - x^i_0) = 1$, et soient ξ^i les composantes d'un vecteur par rapport à ce repère et l^i les composantes du même vecteur dans le système de coordonnées. On aura alors

$$\xi^i = a^i_j l^j,$$

les a^i_j étant des fonctions des coordonnées x^i du point. Si l'on déplace ce vecteur par parallélisme, les ξ^i subiront des accroissements $d\xi^i$ donnés par

$$d\xi^i = \frac{\partial a^i_j}{\partial x^k} l^j dx^k + a^i_r dl^r = \frac{\partial a^i_j}{\partial x^k} l^j dx^k - a^i_r G^r_{jk} l^j dx_k,$$

où G^r_{jk} sont les composantes de la connexion affine. Mais ξ^i subit dans ce déplacement une transformation du groupe et l'on peut écrire

$$d\xi^i = \frac{\partial a^i_j}{\partial x_k} l^j dx^k - a^i_r G^r_{jk} l^j dx^k = a^i_{\sigma m} \lambda^\sigma_k a^m_j l^j dx^k,$$

(¹) L. BERWALD, *J. f. reine und angewandte Mathematik*, 156, 1927, p. 191-222.
(²) Voir E. CARTAN, *Les espaces de Finsler*, Paris, 1934, p. 38.

les λ_k^σ étant des fonctions de x^i; d'où l'on déduit

$$\frac{\partial a_j^i}{\partial x^k} = a_r^i G_{jk}^r + a_{\sigma m}^i \lambda_k^\sigma a_j^m.$$

Si l'on veut que l'espace soit sans torsion, on aura

$$(1)\qquad \frac{\partial a_j^i}{\partial x^k} - \frac{\partial a_k^i}{\partial x^j} = a_{\sigma m}^i (\lambda_k^\sigma a_j^m - \lambda_j^\sigma a_k^m).$$

La détermination de la métrique finslérienne revient à intégrer le système (1) en a_j^i et λ_k^σ. A une solution de ce système correspond la métrique donnée par

$$ds = L(a_j^i\, dx^j).$$

3. Nous publierons dans un autre Recueil une étude plus détaillée des espaces en question. Pour le moment nous nous bornons à appliquer la méthode ci-dessus à un exemple.

Soient les surfaces données par l'équation ([3])

$$\frac{2\zeta\eta - \xi^2}{\zeta^{\frac{2\alpha}{\alpha-1}}} = C,$$

qui admettent le groupe

$$\zeta p - \xi q, \quad \alpha\xi p + (\alpha+1)\eta q + (\alpha-1)\zeta r.$$

Ce groupe laisse invariants le plan $\zeta = 0$ et la droite $\zeta = 0$, $\xi = 0$. Par conséquent nous pouvons choisir le repère de manière qu'on ait

$$a_1^3 = a_2^3 = a_2^1 = a_3^1 = 0.$$

Dans ce cas le système (1) donne, après l'élimination des λ_k^σ,

$$\frac{1}{a_3^3}\frac{\partial a_3^3}{\partial x^2} = \frac{\alpha-1}{\alpha}\frac{1}{a_1^1}\frac{\partial a_1^1}{\partial x^2}, \qquad \frac{\partial}{\partial x^2}\left(\frac{a_1^2}{(a_3^3)^{\frac{\alpha+1}{\alpha-1}}}\right) = \frac{\partial}{\partial x^1}\left(\frac{a_2^2}{(a_3^3)^{\frac{\alpha+1}{\alpha-1}}}\right),$$

d'où l'on tire

$$a_1^1 = K(x^1, x^3)(a_3^3)^{\frac{\alpha}{\alpha-1}}, \qquad a_i^2\, dx^i = (a_3^3)^{\frac{\alpha+1}{\alpha-1}}(dP + H\, dz),$$

P et H étant des fonctions de x^1, x^2, x^3 et K une fonction de x^1, x^3. On

([3]) SOPHUS LIE, *Berichte über die Verhandlungen der K. Sächs. Akad. d. Wiss.*, Leipzig, 47, 1895, p. 209-260. Voir spécialement p. 235.

déduit la métrique cherchée sous la forme

$$ds^{\frac{2}{1-\alpha}} = 2[dP + H\,dx^3]\,dx^{3\frac{1+\alpha}{1-\alpha}} - K^2(dx^1)^2(dx^3)^{\frac{2\alpha}{1-\alpha}}.$$

Si l'on fait encore la transformation de variables déterminée par les équations

$$x^1 = \psi(x, z), \qquad P = y + \varphi(x, z), \qquad x^3 = z,$$

où les fonctions φ, ψ satisfont aux équations

$$\frac{\partial\psi}{\partial x} = \frac{1}{K}, \qquad \frac{\partial\varphi}{\partial x} = K\frac{\partial\psi}{\partial x},$$

on obtient le ds sous la forme

$$ds^{\frac{2}{1-\alpha}} = 2[dy + H(x, y, z)\,dz]\,dz^{\frac{1+\alpha}{1-\alpha}} - dx^2 dz^{\frac{2\alpha}{1-\alpha}}.$$

THÉORIE DES ENSEMBLES. — *Ensemble des systèmes finis de points d'un continu* (¹). Note de M. **Christian Pauc**.

$\mathcal{L}$ étant une classe limite de Fréchet et n un entier > 1, les systèmes ordonnés $(x_1, x_2, \ldots, x_n)$ et les systèmes non ordonnés $[x_1, x_2, \ldots, x_n]$ (²) formés à partir de n points de $\mathcal{L}$ constituent à leur tour deux classes limites en convenant que $\lim(x_{1,p}, x_{2,p}, \ldots, x_{n,p}) = (x_1, x_2, \ldots, x_n)$ équivaut à $\lim x_{i,p} = x_i$ pour $i = 1, 2, \ldots, n$ et que $\lim[x_{1,p}, x_{2,p}, \ldots, x_{n,p}] = [x_1, x_2, \ldots, x_n]$ équivaut aussi à $\lim x_{i,p} = x_i$ pour $i = 1, 2, \ldots, n$, mais pour un rangement convenable des éléments à l'intérieur des crochets.

Théorème I. — *a. $\mathcal{L}$ étant un espace distancié et* K *un continu de $\mathcal{L}$, l'ensemble* K_n *de ses systèmes ordonnés de n points distincts possède n! composants lorsque* K *est un arc,* $(n-1)!$ *lorsque* K *est un cercle topologique. Dans tous les autres cas,* K_n *est connexe.*

b. L'ensemble K'_n *des systèmes non ordonnés de n points distincts de* K *est connexe.* Attachons maintenant à tout système $(x_1, x_2, \ldots, x_n)$ de points distincts un élément $\theta(x_1, x_2, \ldots, x_n)$ emprunté à un ensemble Θ d'élé-

---

(¹) Voir *Comptes rendus*, 203, 1936, p. 153.

(²) A distinguer de l'ensemble $\{x_1, x_2, \ldots, x_n\}$; ainsi si $a \neq b$: $[a, a, b] \neq [a, b, b]$, mais $\{a, a, b\} = \{a, b, b\}$. Le symbole lim équivaut à $\lim\limits_{p \to \infty}$.

ments abstraits en supposant que : α. Θ est une classe limite; β. l'opérateur θ est continu.

Théorème II. — *a. $\mathcal{L}$ étant un espace distancié et* K *un continu de* $\mathcal{L}$, *si l'ensemble* $\mathfrak{S}_n(K)$ *des éléments* $\theta(x_1, x_2, \ldots, x_n)$ *correspondants aux systèmes ordonnés de n points distincts de* K *n'est pas connexe*, K *est un arc ou un cercle topologique.*

b. Lorsque θ *satisfait à* $\theta(x_1, x_2, \ldots, x_n) = \theta(x_{i_1}, x_{i_2}, \ldots, x_{i_n})$ *pour toute permutation* $(i_1, i_2, \ldots, i_n)$ *de* 1, 2, ..., *n*, $\mathfrak{S}_n(K)$ *est toujours connexe.*

λ étant un point de $\mathcal{L}$ et M un ensemble de $\mathcal{L}$, par paratingent $\mathfrak{T}_M(\lambda)$ de M en λ, nous entendons l'ensemble des éléments π de Θ tels que, pour chacun d'eux, il existe une suite $(m_{1,p}, m_{2,p}, \ldots, m_{n,p})$ de systèmes ordonnés de points de M sur lesquels θ soit défini avec

$$\lim m_{i,p} = \lambda \qquad (i = 1, 2, \ldots, n) \qquad \text{et} \qquad \lim \theta(m_{1,p}, m_{2,p}, \ldots, m_{n,p}) = \pi.$$

Théorème III. — *a.* Θ *étant un espace distancié compact,* K *un continu d'un espace distancié* $\mathcal{L}$ *lorsque le paratingent* $\mathfrak{T}_K(\alpha)$ *de* K *en un de ses points* α *n'est pas connexe, un voisinage de* α *sur* K *est un arc.*

b. Lorsque θ *agit sur les systèmes non ordonnés de points,* $\mathfrak{T}_k(\alpha)$ *et le paratingent global* (réunion des $\mathfrak{T}_k$ pour $\alpha \varepsilon K$) (³) *sont continus.*

Applications. — 1° Le paratingent circulaire (⁴) d'un continu euclidien en un de ses points est un continu ainsi que le paratingent circulaire global; 2° un continu d'un espace métrique admet comme courbure de Menger (⁵) en un de ses points toute valeur comprise entre sa courbure inférieure et sa courbure supérieure au point considéré.

Introduction axiomatique d'une notion de dépendance sur une classe limite. — Soit D un prédicat relatif aux systèmes finis non ordonnés de points d'une classe limite $\mathcal{L}$, assujetti aux axiomes (notation d'Hilbert-Bernays)

(A₁) $$(x_1)(x_2)\big(D[x_1, x_2] \sim (x_1 = x_2)\big),$$

(A₂) $$(x_1)(x_2)\ldots(x_p)(y)\big(D[x_1, x_2, \ldots, x_p] \to D[x_1, x_2, \ldots, x_p, y]\big),$$

(A₃) $$(x_1)(x_2)\ldots(x_p)(y)(z)\big(\overline{D[x_1, \ldots, x_p]}\ \&\ D[x_1, \ldots, x_p, y]\ \&\ D[x_1, \ldots, x_p, z] \to D[x_2, \ldots, x_p, y, z]\big),$$

(A₄) Quels que soient les points $x_1, x_2, \ldots, x_p$ et la suite $y_1, y_2, \ldots, y_q, \ldots$ de $\mathcal{L}$, $\big(\lim_{q \to \infty} y_q = y\big)\ \&\ (q)\, D[x_1, x_2, \ldots, x_p, y_q] \to D[x_1, x_2, \ldots, x_p, y]$.

(³) Bouligand, *Ann. Éc. Norm.*, 3ᵉ série, 51, fasc. 3, 1934, p. 249.

(⁴) Bouligand, *Bull. Soc. Math.*, 60, 1932, p. 237.

(⁵) *Mathematische Annalen*, 103, Heft 3, 1930, p. 481.

Nous disons que les points $x_1, x_2, \ldots, x_p$ de $\mathcal{E}$ sont dépendants lorsque $D[x_1, x_2, \ldots, x_p]$ est vrai, indépendants dans le cas contraire. Le théorème I ne se généralise pas pour les systèmes de points indépendants d'un continu K d'un espace distancié comme le montre cet exemple (6) dû à MM. Haupt et Nöbeling : K étant dans le plan constitué par trois segments de même origine tels que l'un d'eux soit dans l'angle non nul et $< \pi$ formé par les deux autres, l'ensemble des triplets linéairement indépendants de K n'est pas connexe.

n étant un entier fixé > 1, considérons un opérateur Θ^* attachant à tout système $[x_1, x_2, \ldots, x_n]$ de n points indépendants de $\mathcal{E}$ un élément Θ^* d'un ensemble Θ et supposons que : (α) Θ est une classe limite; (β) l'opérateur Θ^* est continu; (γ) $X_1, X_2, \ldots, X_n$ étant n points indépendants, et y un point tel que $x_1, x_2, \ldots, x_{n-1}, y$ et $x_1, \ldots, x_{n-2}, x_n, y$ soient indépendants,

$$\Theta^*(x_1, x_2, \ldots, x_{n-1}, y) = \Theta^*(x_1, \ldots, x_{n-2}, x_n, y).$$

THÉORÈME II*. — *$\mathcal{E}$ étant un espace distancié et K un continu de $\mathcal{E}$, l'ensemble $\mathfrak{S}^*(K)$ des $\Theta^*[x_1, x_2, \ldots, x_n]$ correspondants aux systèmes de n points indépendants de K est connexe.*

Ce théorème, lorsque $\mathcal{E}$ est un espace euclidien, D la dépendance linéaire et $\Theta^*[x_1, x_2, \ldots, x_n]$ la variété linéaire $(n-1)$-dimensionnelle déterminée par les points $x_1, x_2, \ldots, x_n$, n'est autre que celui de MM. Haupt et Nöbeling sur les sécantes d'un continu (7); nous en aurions une autre application en prenant pour $\Theta^*[x_1, x_2, \ldots, x_n]$ l'hypersphère $(n-1)$-dimensionnelle contenant les points $x_1, x_2, \ldots, x_n$ supposés non situés sur une hypersphère $(n-2)$-dimensionnelle.

La définition donnée plus haut pour le paratingent est valable avec un opérateur Θ^*; nous n'avons pas résolu la question de savoir si dans ce cas, pour $n > 2$, le paratingent d'un continu en un de ses points est un continu (8), mais nous pouvons affirmer que s'il en est ainsi, le paratingent global d'un continu est aussi un continu (9).

(6) Je dois à l'obligeance de M. Nöbeling de me l'avoir signalé oralement.

(7) *Sitzungsb. der Phys.-med. Soz. zu Erlangen*, 67, 1935-1936, p. 283.

(8) Un cas particulier a été résolu affirmativement par M. Mirguet, à savoir lorsque $\mathcal{E}$ étant l'espace euclidien habituel, $\Theta^*[x_1, x_2, x_3]$ est le plan contenant les points x_1, x_2, x_3 supposés non alignés. Voir *Comptes rendus*, 200, 1935, p. 1705-1707.

(9) Le développement de cette Note par MM. Haupt, Nöbeling et l'auteur de cette Note paraîtra prochainement dans un autre Recueil.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur un problème de Laguerre.* Note (¹) de M. **Lubomir Tchakaloff.**

Considérons le développement de Maclaurin de la fonction

$$f(x)=(1-a_1x)^{-\omega_1}(1-a_2x)^{-\omega_2}\ldots(1-a_px)^{-\omega_p}=\sum_{\nu=0}^{\infty}c_\nu x^\nu,$$

où a_k et $\omega_k(k=1,2,\ldots,p)$ désignent des constantes positives quelconques. Laguerre (²) a démontré, dans le cas où tous les exposants ω_k sont des entiers positifs (les nombres réels a_k étant d'ailleurs quelconques), que chacune des sommes partielles

$$(1)\qquad P_n(x)=c_0+c_1x+\ldots+c_nx^n,$$

possède au plus un zéro réel. Nous allons établir ici la proposition suivante :

Si les nombres a_k et ω_k sont positifs, la somme partielle (1) *du développement ci-dessus n'a que des zéros simples dont un seul au plus est réel.*

Démonstration. — Il est permis de supposer que les nombres a_k sont différents et rangés par ordre de grandeur croissante. On voit facilement que les coefficients c_k sont positifs, de sorte que les zéros réels de $P_n(x)$, s'il en existe, sont négatifs. La dérivée logarithmique de $f(x)$ a la forme

$$\frac{f'(x)}{f(x)}=\sum_{k=1}^{p}\frac{a_k\omega_k}{1-a_kx}=\frac{M(x)}{N(x)},$$

où

$$N(x)=(1-a_1x)(1-a_2x)\ldots(1-a_px)\qquad\text{et}\qquad M(x)=N(x)\sum_{k=1}^{p}\frac{a_k\omega_k}{1-a_kx}$$

sont des polynomes de degrés respectifs p et $p-1$. Ajoutons les deux développements

$$f(x)-P_n(x)=\sum_{n+1}^{\infty}c_\nu x^\nu,\qquad f'(x)-P'_n(x)=\sum_{n+1}^{\infty}\nu c_\nu x^{\nu-1},$$

(¹) Séance du 8 mars 1937.

(²) *Nouvelles Annales de Mathématiques*, 19, 1880, p. 224-236; *Œuvres complètes de Laguerre*, 1, 1898, p. 108-118.

après les avoir multipliés par $-M(x)$ et $N(x)$; on obtient

$$M(x)P_n(x) - N(x)P'_n(x) = \sum_{\gamma=n}^{\infty} \gamma_\nu x^\nu \qquad [\gamma_n = (n+1)c_{n+1}].$$

Le premier membre de cette formule représentant un polynome de degré $n+p-1$ et le développement du second membre commençant par $(n+1)c_{n+1}x^n$, on a identiquement

$$(2) \qquad M(x)P_n(x) - N(x)P'_n(x) = (n+1)c_{n+1}x^n Q(x),$$

où $Q(x) = 1 + A_1 x + \ldots + A_{p-1}x^{p-1}$ est un polynome réel de degré $p-1$. Je dis que (pour $p > 1$) tous les zéros de $Q(x)$ sont positifs et simples. En effet, on a

$$N\left(\frac{1}{a_k}\right) = 0, \qquad P_n\left(\frac{1}{a_k}\right) > 0, \qquad \operatorname{sgn} M\left(\frac{1}{a_k}\right) = (-1)^{p-k};$$

par conséquent $\operatorname{sgn} Q(1/a_k) = (-1)^{p-k}$, ce qui prouve que $Q(x)$ a un (et un seul) zéro entre $1/a_{k+1}$ et $1/a_k$ pour $k = 1, 2, \ldots, p-1$. Nous pouvons donc écrire (2) sous la forme

$$(2\ bis) \qquad M(x)P_n(x) - N(x)P'_n(x) = (n+1)c_{n+1}x^n \prod_{k=1}^{p-1}(1 - b_k x),$$

les b_k étant positifs.

Cette identité nous montre d'abord que chaque zéro multiple de $P_n(x)$ devrait être positif ou nul, ce qui est impossible.

Soit d'autre part α un zéro réel de $P_n(x)$. En remplaçant dans (2 *bis*) x par le nombre négatif α et en tenant compte que $N(\alpha)$ et $Q(\alpha)$ sont positifs, on voit immédiatement que $\operatorname{sgn} P'_n(\alpha) = (-1)^{n-1}$. Si le polynome $P_n(x)$ avait plusieurs zéros réels, on aurait, pour deux zéros consécutifs α et β,

$$\operatorname{sgn} P'_n(\alpha) = \operatorname{sgn} P'_n(\beta) = (-1)^{n-1}$$

ce qui est impossibe, puisque $P'_n(\alpha)$ et $P'_n(\beta)$ doivent être de signes contraires. Notre proposition se trouve ainsi démontrée complètement.

En posant $R_n(x) = f(x) - P_n(x)$, on déduit de (2) la formule analogue pour la fonction analytique $R_n(x)$, quelle que soit sa détermination

$$(3) \qquad -M(x)R_n(x) + N(x)R'_n(x) = (n+1)c_{n+1}x^n Q(x).$$

Cette formule nous montre que $R_n(x)$ ne peut avoir de zéros multiples non réels ou négatifs. Si l'on entend par $f(x)$ sa détermination principale qui est positive pour $x < 1/a_p$, la relation (3) nous permet de démontrer

que $R_n(x)$ est constamment positive ou constamment négative pour des valeurs négatives de x. Il suffit pour cela de considérer le quotient

$$u_n(x) = \frac{R_n(x)}{f(x)} = 1 - \frac{P_n(x)}{f(x)}$$

dont la dérivée satisfait à la relation

$$N(x)f(x)u'_n(x) = (n+1)c_{n+1}x^n Q(x).$$

On en conclut que, pour x négatif, $u'_n(x)$ a le signe de x^n; donc $(-1)^n u_n(x)$ croît d'une manière monotone de $-\infty$ (ou -1) jusqu'à zéro lorsque x croît de $-\infty$ à zéro. On a donc $(-1)^n u_n(x) < 0$ pour $x < 0$, c'est-à-dire

$$P_{2n}(x) > f(x), \qquad P_{2n-1}(x) < f(x),$$

quel que soit le nombre négatif x.

Les résultats ci-dessus recouvrent en partie les résultats que M. Obrechkoff a obtenus par une autre méthode ([3]); ses hypothèses sont d'ailleurs d'une nature différente des nôtres.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les matrices non négatives.* Note ([1]) de M. **Maurice Potron**, présentée par M. Maurice d'Ocagne.

1. On sait que l'équation caractéristique d'une matrice carrée non négative (dont aucun élément n'est négatif) a toujours une racine réelle, en général positive (exceptionnellement nulle), dont le module n'est inférieur à celui d'aucune autre racine. Cette racine est dite *racine maximale* de la matrice ([2]).

Des propriétés de la racine maximale se déduit aisément, comme je l'ai montré ([3]), le théorème suivant : *Soit* α *une matrice non négative, d'éléments* a_{ik} $(i, k = 1, \ldots, n)$. *Si le système linéaire*

$$(1) \qquad cx_i - \Sigma a_{ik}x_k = b_i \qquad (i = 1, \ldots, n),$$

où les b_i *sont tous positifs, définit pour les* x_k *des valeurs positives, le coeffi-*

([3]) *Comptes rendus*, 203, 1936, p. 760.

([1]) Séance du 8 mars 1937.

([2]) Frobenius, *Sitzungsberichte der Akademie von Berlin*, 1908, p. 471; 1909, p. 514; 1912, p. 456.

([3]) *Comptes rendus*, 153, 1911, p. 1129 et 1458; *Annales de l'École Normale*, 30, 1913, p. 53.

cient c est supérieur à la racine maximale de la matrice α. Si cette condition est remplie, le système (1) *définit pour les x_k des valeurs toutes positives.*

Une méthode nouvelle pour la résolution d'un système linéaire ([2]) permet de simplifier les calculs nécessaires pour reconnaître si cette condition est vérifiée ou non.

2. Soient le système linéaire

$$\Sigma d_{ik}x_k = b_i \qquad (i = 1, \ldots, n), \tag{2}$$

et ∂ la matrice des d_{ik}. On peut déterminer trois matrices α, β, λ, d'éléments α_{ik}, β_{ik}, λ_{ik}, de degré n, vérifiant

$$\left\{\begin{array}{l} \alpha\lambda\bar\beta = \partial, \quad \alpha_{ik} = \beta_{ik} = 0 \quad \text{pour} \quad i < k, \quad \alpha_{ii} = \beta_{ii} = 1, \\ \qquad\qquad \lambda_{ik} = 0 \quad \text{pour} \quad i \neq k, \end{array}\right. \tag{3}$$

$\bar\beta$ désignant la transposée de β. Si ∂_j, α_j, β_j, λ_j désignent, en général les matrices formées par les éléments des j premières lignes et colonnes de ∂, α, β, λ, on voit que les équations déduites de (3) donnent, en désignant par $|f|$ le déterminant d'une matrice f,

$$\alpha_j\lambda_j\bar\beta_j = \partial_j, \qquad |\lambda_j| = \lambda_{11}\ldots\lambda_{jj} = |\partial_j|, \tag{4}$$

$$d_{mk} = \Sigma_1^k \alpha_{mh}\lambda_{hh}\beta_{kh} \qquad (k = 1, \ldots, m-1), \tag{5}$$

$$d_{im} = \Sigma_1^i \alpha_{ih}\lambda_{hh}\beta_{mh} \qquad (i = 1, \ldots, m-1), \tag{6}$$

$$d_{mm} = \Sigma_1^{m-1} \alpha_{mh}\lambda_{hh}\beta_{mh} + \lambda_{mm}. \tag{7}$$

Si l'on connaît les matrices α_{m-1}, β_{m-1}, λ_{m-1}, les formules (5), (6), (7) font connaître les matrices α_m, β_m, λ_m.

Il résulte alors de (3) que le système (2) équivaut aux trois systèmes

$$\Sigma_1^i \alpha_{ih}u_h = b_i, \tag{8}$$

$$\lambda_{hh}z_h = u_h \qquad (i, h = 1, \ldots, n), \tag{9}$$

$$\Sigma_h^n \beta_{kh}x_k = z_h, \tag{10}$$

qui définissent successivement u_1 et z_1, ..., u_n et z_n, puis x_n, x_{n-1}, ..., x_1.

3. Si l'on prend $d_{ik} = u_{ik} - a_{ik}$, u_{ik} désignant les éléments de la matrice-unité, le système (2) devient le système (1). On sait que, si c est $> r$ (racine maximale de α), les déterminants $|\partial_j|$ sont tous positifs ([3]), il en est donc de même des $\lambda_{jj} = |\partial_j|/|\partial_{j-1}|$. Je remarque que la réciproque est vraie,

---

([2]) Cette méthode est due à M. Lanczos, *Bulletin of the American Mathematical Society*, 42, 1936, p. 325.

c'est-à-dire que *si les λ_{jj}, successivement calculés par la méthode de M. Lanczos, sont tous positifs, il est certain que c est* $> r$.

En effet, d'après (5) et (6), α_{21} et β_{21} sont $\leqq 0$; et, si les éléments non diagonaux de α_{m-1} et β_{m-1} sont $\leqq 0$, il en est de même de α_{mk} et $\beta_{mi}(k, i = 1, \ldots, m-1)$, donc de tous les éléments non diagonaux de α_m et β_m. Ainsi les éléments non diagonaux des matrices α et β sont tous $\leqq 0$. Prenons alors n nombres b_i positifs. Les formules (8), (9), (10) donnent pour les u_i, z_h, x_k des valeurs toutes > 0. Ainsi le système (1), les b_i étant tous positifs, est vérifié par des valeurs toutes positives des x_k; d'après le théorème rappelé au n° 1, on a donc $c > r$.

4. Ainsi, *si c est* $< r$, *la suite des λ_{jj}, et par suite celle des mineurs symétriques $|\partial_{jj}|$ contiendra un terme* $\leqq 0$. Les théorèmes de Frobenius permettaient seulement d'affirmer qu'un déterminant $\leqq 0$ devait alors se rencontrer parmi *tous* les mineurs symétriques de *tous* ordres de $|\partial|$ ([5]).

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Autour du théorème de Schottky-Landau et de la théorie des familles normales des fonctions.* Note de M. **Henri Milloux**, présentée par M. Émile Borel.

1. J'ai déjà indiqué ([1]) l'intérêt que présente, pour la théorie des fonctions méromorphes dans un cercle, l'extension du théorème de P. Boutroux-H. Cartan à la métrique non euclidienne dans le cercle unité. Je rappelle, pour la suite, que la pseudo-distance de deux points d'affixe x et y est le module de $(x-y)/(1-x\bar{y})$. La définition du pseudo-rayon d'un cercle s'en déduit.

2. *Dans la suite, je désigne par $f(z)$ une fonction holomorphe dans le cercle unité du plan z où elle prend n fois la valeur zéro et p fois la valeur* 1.

En me basant sur la deuxième inégalité fondamentale de R. Nevanlinna, sur une conséquence bien connue de l'inégalité de Carleman, et sur l'extension dont il vient d'être question, j'ai obtenu les résultats suivants :

Théorème I. — *Si $|f(z)|$ est inférieur à* M *en des points situés dans le cercle $|z| = 1/2$, et qui ne peuvent être enfermés dans des cercles dont la somme des pseudo-rayons est inférieure à une constante numérique, par*

([5]) Voir mon Mémoire des *Annales de l'École Normale*, 30, 1913, p. 53.

([1]) H. Milloux, *Comptes rendus*, 202, 1936, p. 1480.

exemple 0, 1, *la fonction* $f(z)$ *satisfait à l'inégalité*

$$(1)\qquad (1-|z|)\log|f(z)| < k(n+p) + k\overset{+}{\log} M + k,$$

où k désigne une constante numérique positive qui n'a pas nécessairement partout la même valeur.

Dans le cas où n et p sont nuls, *on retrouve, aux valeurs des constantes numériques près, le théorème de Schottky-Landau.* C'est la première fois, semble-t-il, que le recoupement est opéré entre ce théorème et la deuxième inégalité fondamentale de N. Nevanlinna.

On désigne maintenant par m le plus petit des nombres n, p.

THÉORÈME II. — *Plus généralement, si* $|f(z)|$ *ne dépasse pas* M *en des points intérieurs au cercle* $|z| = u$, *qu'il est impossible d'enfermer dans des cercles, en nombre au plus égal à* m, *et dont la somme des pseudo-rayons est inférieure à* $2eh$, *on a l'inégalité*

$$(2)\qquad (1-|z|)(1-u)\log|f(z)| < k(n+p) + k\overset{+}{\log} M + k - km\log h.$$

THÉORÈME III. — *Si* $|f(z)|$ *ne dépasse pas* M *en* $m+1$ *points, intérieurs au cercle* $|z| = u$, *et dont les pseudo-distances deux à deux sont au moins égales à* δ, *l'inégalité* (2) *est encore valable, après remplacement, dans le deuxième membre, de* h *par* δ.

THÉORÈME IV. — *Plus généralement on suppose que* $|f(z)|$ *et ses* k_1 *premières dérivées soient bornées supérieurement par* M *au point* z_1; *puis* $|f(z)$ *et ses* k_2 *premières dérivées en* z_2 *etc.; les points* z_1, z_2, ..., *sont situés dans le cercle* $|z| = u$ *et leurs pseudo-distances prises deux à deux sont au moins égales à* δ. *La somme de toutes les quantités* $k_i + 1$ *est égale à* $m+1$. *Alors la conclusion du théorème III est encore valable.*

On reconnaît, dans ces deux énoncés, des études quantitatives de théorèmes dus à M. Paul Montel. Tous ces énoncés, qui ne peuvent guère être améliorés, précisent et généralisent, en les simplifiant considérablement, les résultats fondamentaux de la thèse de M. L.-C. Bossard et certains résultats de M. G. Valiron.

3. D'autres résultats de la théorie des familles normales de fonctions tombent sous l'application des méthodes indiquées ici.

Il en est ainsi, par exemple, des cas où une fonction $f(z)$ se rapproche d'une valeur ω en un système de points convenablement choisis.

4. Toutes ces méthodes s'appliquent aussi aux fonctions méromorphes

prenant n fois la valeur o, p fois la valeur 1, et q fois la valeur ∞. Les résultats sont analogues à condition d'écarter autour des pôles de petites zones enfermées dans des cercles dont la somme des pseudo-rayons est choisie à l'avance, soit numérique, soit aussi faible que l'on veut.

5. Les propriétés précédentes concernent le *module*. On obtient aussi des propriétés concernant *l'indice caractéristique;* par exemple, dans les conditions du théorème I, on a la limitation

$$T(r, f) < k(n+p) + k \overset{+}{\log} M + k \log \frac{1}{1-r} + k$$

absolument indépendante de la dérivée de la fonction.

6. Les résultats les plus importants dus à ces méthodes concernent la distribution des valeurs des fonctions méromorphes dans le cercle unité, et l'application à la théorie des cercles de remplissage de ces fonctions.

BALISTIQUE EXTÉRIEURE. — *La théorie élémentaire du mouvement gyroscopique des projectiles. Nature de l'approximation. L'effet Magnus.* Note de M. **Robert d'Adhémar**, présentée par M. Ernest Esclangon.

Conservons les notations antérieures (1). L'axe Gx est perpendiculaire sur le plan de résistance; l'axe Gy est dans le plan de résistance; Gz coïncide avec l'axe de figure; Ω est la rotation imprimée par les rayures; P est la vitesse angulaire de précession balistique. Je considère le tir de plein fouet, de sorte que l'on a, sur la partie utile de la trajectoire : $P' < 0$ (l'accent désigne la dérivée par rapport au temps).

La théorie élémentaire repose, en particulier, sur les équations de Mayevski, que j'ai mises sous la forme suivante :

$$p = 0 \quad \text{et} \quad q = P\delta.$$

L'expression de q est approchée, et l'on peut aussi écrire la relation approchée $q' = (P\delta)'$.

Ces approximations de q et de q' cessent d'être *valables* si δ est nul ou presque nul.

En outre l'approximation n'est pas *uniforme*, car sa nature dépend, en particulier, de la valeur de P/ω, qui est très variable sur la trajectoire.

(1) *Comptes rendus*, 203, 1936, p. 771.

Lorsque les expressions ci-dessus sont valables, nous avons la relation approchée

$$M_y = Bq' = B(P\delta)'.$$

On admettait autrefois que ce moment correspond à l'effet Magnus. Il est plus naturel de dire, avec M. E. Esclangon, que ce moment correspond aux frottements latéraux. Il est possible d'admettre que le terme de signe constant $BP'\delta$ correspond à un effet analogue à l'effet Magnus, mais ce terme, en général, n'est pas *prépondérant*.

Considérons le rapport $\Theta = M_y/M_x$, et excluons certaines valeurs trop petites de δ; nous aurons la relation approchée

$$\Theta = \frac{1}{\omega}\left(\frac{\delta'}{\delta} + \frac{P'}{P}\right).$$

Si nous excluons les petites valeurs de δ (et ceci peut être précisé), le rapport Θ est petit par rapport à un, c'est-à-dire que M_y est négligeable par rapport à M_x. Telle est la raison pour laquelle on a pu édifier la Théorie élémentaire, en omettant systématiquement le deuxième moment. Mais cette *omission systématique* constitue une grave lacune. Il est clair, en effet, que si δ tend vers zéro, le premier moment M_x s'évanouit, et, par suite, le deuxième moment M_y devient prépondérant.

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *Propriétés de la transformation de Lorentz généralisée.* Note de M. **Jean-Louis Destouches**, présentée par M. Louis de Broglie.

1. Nous avions défini [1] une transformation généralisant pour un système de corpuscules la transformation de Lorentz en nous bornant aux transformations infinitésimales. Nous voulons donner maintenant l'expression des transformations finies et énoncer certaines de leurs propriétés.

Nous avons construit la Mécanique relativiste des systèmes de corpuscules à partir de quatre principes : 1° principe définissant une équation différentielle d'évolution; 2° principe de relativité; 3° principe des signaux, d'après lequel un observateur peut utiliser les résultats de mesure d'un autre

---

[1] J.-L. Destouches, *Comptes rendus*, 203, 1936, p. 924.

observateur qui lui sont transmis par des signaux pour faire des prévisions concernant l'ensemble des observateurs en mouvement rectiligne et uniforme par rapport au repère sidéral; 4° principe de symétrie relativiste d'après lequel l'hamiltonien d'un corpuscule est linéaire en $\partial/\partial x_\mu$. *Ces principes constituent un système de postulats indépendants et compatibles.*

2. Soient alors deux observateurs en mouvement rectiligne et uniforme l'un par rapport à l'autre. Ils sont reliés par une transformation de Lorentz L_0. Les coordonnées des corpuscules dans l'un et l'autre systèmes sont liées par une transformation L_n qui est la généralisation pour un système d'une transformation de Lorentz. Cette transformation L_n est nécessairement : 1° une tranformation entre les $3n$ coordonnées d'espace des n corpuscules du système et le temps d'un observateur; 2° L_n est une fonction biunivoque et bicontinue de L_0; 3° L_n doit conserver les propriétés d'homogénéité de l'espace et du temps; 4° L_n se réduit à une transformation de Lorentz L_1 pour $n=1$; 5° si L_0 se réduit à une rotation d'axes, L_n se réduit à une rotation d'axes dans chaque multiplicité à trois dimensions associée à un corpuscule dans l'espace de configuration. Ces conditions imposent que toute L_n soit un produit de rotations d'axes et d'une transformation $L_{n;s}$ associée à une transformation simple de Lorentz. De plus $L_{n;s}$ doit être linéaire, d'où pour une transformation infinitésimale :

$$ct = ct' + \varepsilon \Sigma \mathfrak{A}^{(i)} x'^{(i)}_\mu, \qquad x^{(i)}_\mu = x'^{(i)}_\mu + \varepsilon \mathfrak{B}^{(i)} ct' + \sum_{j \neq i} \mathfrak{C}^{ij} x'^{(j)}_\mu.$$

Mais on doit introduire 6° d'après laquelle, en vertu de leur caractère d'objets atomiques, les corpuscules conservent leur individualité dans un changement de repère; ils ne mélangent donc pas leurs coordonnées et les $\mathfrak{C}^{ij}$ sont tous nuls. En outre, les équations introduites par le principe des signaux exigent que $\mathfrak{B}^{(i)}$ soit égal à $\mathfrak{A}^{(i)}$. Ces équations déterminent les $\mathfrak{A}^{(i)}$ à un facteur numérique près : ce sont des éléments d'un anneau $\mathcal{A}$ qui est un sous-anneau de celui défini par les opérateurs caractérisant les corpuscules du système. Ceci établit que *la généralisation de la transformation de Lorentz que nous avons proposée est la seule qui convienne*, et a pour conséquence, par le fait qu'on trouve que les $\mathfrak{A}^{(i)}$ ne peuvent être des nombres, qu'il n'existe pas de Mécanique ponctuelle relativiste des systèmes puisqu'une approximation d'optique géométrique de la Mécanique ondulatoire relativiste des systèmes contiendrait encore des opérateurs.

3. Théorème du centre. — Supposons que $\Sigma \mathfrak{A}^{(i)2}$ soit un nombre K^2. *Le*

oint de coordonnées C_1, C_2, C_3, *ct, avec*

$$C_\mu = \frac{\Sigma \mathfrak{A}^{(i)} x_\mu^{(i)}}{K}$$

se transforme suivant une transformation de Lorentz de paramètre $K\xi$, *celui de* L_0 *étant* ξ. A partir de ce théorème on trouve les transformations de Lorentz finies. On a

$$ct = \operatorname{ch} K\xi\, ct' + \frac{1}{K} \operatorname{sh} K\xi . \Sigma \mathfrak{A}^{(i)} x_\mu^{(i)\prime}, \qquad x_\mu^{(i)} = \operatorname{ch} K\xi\, x_\mu^{(i)\prime} + \frac{\mathfrak{A}^{(i)}}{K} \operatorname{sh} K\xi . ct',$$

d'où un invariant

$$K^2 s^2 = \sum_{\mu=1}^{3} \left(\sum_{i=1}^{n} \mathfrak{A}^{(i)} x_\mu^{(i)} \right)^2 - K^2 c^2 t^2.$$

D'autre part, en multipliant $x_\mu^{(i)} - x_\mu^{(j)}$ par $\mathfrak{A}^{(i)} + \mathfrak{A}^{(j)}$, on obtient une quantité qui se transforme sans intervention du temps : elle subit seulement la contraction de Lorentz

$$(x_\mu^i - x_\mu^j)(\mathfrak{A}^{(i)} + \mathfrak{A}^{(j)}) = \operatorname{ch} K\xi (x_\mu^{\prime(i)} - x_\mu^{\prime(j)})(\mathfrak{A}^i + \mathfrak{A}^j).$$

Théorème de l'image. — *Si l'opérateur* $\mathfrak{A}^{(i)}$ *a un inverse on peut associer au* $i^{\text{ième}}$ *corpuscule un point de coordonnées* $X_1^{(i)}$, $X_2^{(i)}$, $X_3^{(i)}$, ct_i,

$$x_\mu^{(i)} = K \mathfrak{A}^{(i)-1} C_\mu ; \qquad ct_i = K \mathfrak{A}^{(i)-1} ct,$$

qui se déplace dans une multiplicité $\mathfrak{M}_4$ *de l'espace de configuration-temps* (Ct) *et se transforme suivant une transformation de Lorentz.*

Si tous les $\mathfrak{A}^{(i)2}$ sont des nombres K_i^2 on peut poser

$$\mathfrak{A}^{(i)} = K_i \mathbf{A}_i,$$

$\mathbf{A}_i$ a son carré égal à 1. Dans le cas de corpuscules de Dirac les $\mathbf{A}_i$ commutent entre eux. On peut considérer les $\mathbf{A}_i$ et leurs produits comme des unités hypercomplexes. En prenant pour coefficients des nombres réels on définit ainsi une algèbre dont les éléments constituent les coordonnées des points de l'espace (Ct); c'est donc un espace hypercomplexe à $3n+1$ dimensions. La multiplicité $\mathfrak{M}_4$ dans laquelle se déplacent le centre et les images, contient comme partie réelle un espace-temps de Minkoswki.

Si tous les K_i sont égaux entre eux, ils sont égaux à $K/\sqrt{n}$. Une condi-

tion de moyenne devant permettre de passer de l'équation du système à celle d'un corpuscule impose alors que $K = 1$.

Cette généralisation de la transformation de Lorentz nous paraît essentielle pour édifier la Mécanique relativiste des systèmes de corpuscules.

IONISATION. — *Sur la grosseur des particules de fumée mises en suspension dans l'air.* Note de M. **Ouang Te-Tchao**, présentée par M. Paul Langevin.

Nous avons déterminé (1) la concentration n/cm^3 des particules d'une fumée homogène mise en suspension dans l'air. Le nombre n de ces particules contenues dans 1^{cm^3} d'air étant connu, nous pouvons évaluer le diamètre moyen de ces particules supposées sphériques, à l'aide d'une méthode simple. Supposons que nous avons brûlé M_1 grammes d'un parfum chinois spécialement choisi (nous avons choisi un parfum qui donne une fumée particulièrement homogène et dont la combustion est très régulière). Après la combustion des M_1 grammes de parfum, combustion qui a duré un temps t, il reste M_2 grammes de cendre. Pendant toute la durée de la combustion, un courant d'air, à débit constant D, entraîne au dehors la fumée du réservoir dans lequel s'effectue la combustion. La combustion terminée, toute la fumée se trouve ainsi évacuée du réservoir. Soit m, la masse en grammes d'une particule de fumée, on a

$$m = \frac{M_1 - (M_2 + \delta M_1)}{Dnt},$$

δ étant la fraction de M_1 qui ne se retrouve, après combustion, ni en cendre, ni en fumée. En supposant que la densité de ces particules est voisine d'unité, on trouve le rayon

$$r = \sqrt[3]{\frac{3}{4\pi} m}.$$

Dans le tableau suivant, la masse m a été obtenue avec les valeurs expérimentales $n = 4,1 \cdot 10^7/\mathrm{cm}^3$, et $D = 57,7\ \mathrm{cm}^3/\mathrm{sec.}$, et en négligeant δM_1.

(1) *Comptes rendus*, 203, 1936, p. 855.

M_1.	M_2.	t.	m.
1,4572	0,1625	7568,4	$7,27.10^{-14}$ g
0,4619	0,0488	2301,5	7,52
0,3591	0,0384	1906,5	7,10

cela donne $m = 7,3.10^{-14}$ g, par conséquent

$$r = 2,59.10^{-5}\text{ cm}.$$

Cette valeur est à peu près la moitié de celle des particules examinées par Maurice de Broglie [2] lors de ses recherches sur le mouvement brownien des particules de la fumée de tabac ($c = 5.10^{-5}$ cm). D'autre part la valeur de r obtenue par nous plus haut concorde assez bien avec celle qu'on obtient d'après les méthodes connues suivantes :

1° L'équation du mouvement brownien d'Einstein-Langevin donne

$$\overline{x^2} = \frac{RT}{N} \cdot \frac{1}{3\pi\mu\nu}\tau,$$

où $\overline{x^2}$ signifie la valeur moyenne des carrés des déplacements, dans le sens d'un axe déterminé, de beaucoup de particules semblables observées pendant le temps τ, et μ la viscosité de l'air. Nous avons évalué $\overline{x^2}$, grâce à un procédé photographique ultramicroscopique. Nous avons obtenu $\overline{x^2} = 18,55.10^{-6}\text{ cm}^2$ pour $\tau = 20$ secondes.

Il en résulte

$$r = 2,49.10^{-5}\text{ cm}.$$

2° Le champ électrique nécessaire pour équilibrer la gravitation, pour une particule de fumée, a été trouvé par nous égal à 36 volts/cm environ. D'après H. A. Wilson et Millikan, on trouve (si la densité de la particule est égale à l'unité)

$$r = \sqrt[3]{\frac{3}{4\pi} \cdot \frac{Fe}{g}} = 2,40.10^{-5}\text{ cm}.$$

3° D'après les considérations de Stokes-Cunningham, la vitesse de chute V_0 dans l'air d'une particule de rayon r est

$$V_0 = \frac{2r^2}{9\mu}(\rho - \sigma)\left(1 + \frac{3\lambda}{2r}\right)g,$$

---

(2) *Comptes rendus*, 148, 1909, p. 1315.

μ étant la viscosité de l'air. La fraction λ/r (le libre parcours divisé par le rayon) peut s'écrire k/pr, où p est la pression atmosphérique en millimètres de mercure, $k = 0,0075$ pour l'air, $\mu = 1,83.10^{-4}$. D'après l'expérience de Millikan, le coefficient λ/r est égal à 0,874. La mesure de V_0 étant difficile à faire avec précision, on obtient plus facilement r à partir de la vitesse V acquise dans un champ électrique de 1 volt par centimètre, par la formule

$$r = \frac{1 + \sqrt{1 + 7,5.10^4.V}}{4,3.10^9.V}.$$

Nous avons trouvé, grâce à des mesures directes, à l'aide d'un procédé ultramicroscopique, la vitesse des particules de la fumée considérée. Cette vitesse est égale à 2.10^{-5} cm/sec dans un champ de 1 volt par centimètre. Cela donne

$$r = 3,0.10^{-5} \text{ cm}.$$

Une comparaison des derniers résultats avec le premier, obtenu par une méthode d'approximation particulièrement simple, montre une concordance telle que nous croyons être largement en droit de négliger la grandeur δM_1.

MAGNÉTISME. — *Variation de la susceptibilité magnétique d'une poudre d'hématite en fonction de la taille des grains.* Note de M. **Raymond Chevalier** et M[lle] **Suzanne Mathieu**, présentée par M. Marcel Brillouin.

Les poudres cristallines d'oxyde ferrique rhomboédrique ont des susceptibilités magnétiques massiques extrêmement variables : χ est compris entre 20 et 150.10^{-6} pour les oxydes artificiels, entre 100 et 500.10^{-6} pour les hématites pulvérisées. Cette variabilité s'entend pour des échantillons purs, sans trace de magnétite, les mesures étant faites à champ constant. L. Blanc et G. Chaudron (¹) ont attiré l'attention sur ce fait que l'accroissement de susceptibilité d'un oxyde ferrique après recuit est accompagné d'un grossissement des grains, qui pourrait être la cause des variations magnétiques. La présente Note confirme ce point de vue.

Au cours de mesures effectuées sur des hématites que nous fragmentions,

(¹) *Comptes rendus*, 180, 1925, p. 269.

nous avons constaté que le coefficient d'aimantation des poudres obtenues à partir d'un cristal fixe est d'autant plus faible que le broyage est plus avancé. La variation est considérable : χ, de l'ordre de 300 à 400.10^{-6} pour une poudre grossière, descend à 25.10^{-6} après 30 minutes de broyage. Cette diminution a été observée pour les cinq hématites étudiées : le phénomène est donc général. Comme c'est la même portion de substance qui est réduite en poudre de plus en plus fine, on ne peut invoquer l'hétérogénéité et il faut bien admettre que la décroissance est liée à la fragmentation du réseau cristallin.

Pour étudier quantitativement ce phénomène on a utilisé la technique suivante :

L'hématite compacte est pulvérisée au mortier d'agate; les grains jusqu'à un diamètre de 150^{μ} sont triés par tamisage, au delà par lévigation dans l'alcool. L'eau n'a pu être utilisée parce que certaines hématites flottent à sa surface et que dans tous les cas, les particules, formant des amas, ne se déplacent pas individuellement, d'où séparation défectueuse; avec l'alcool les résultats sont excellents. Les grains tombent dans une sorte de large burette de 150^{cm} de hauteur, fermée à la base par un caoutchouc et une pince. On recueille les fractions à intervalles réguliers, en appuyant sur la pince un temps très bref et l'on renouvelle plusieurs fois le fractionnement. Les poudres séchées puis observées au microscope présentent des grains de dimension moyenne voisine mais de formes très variées. Un micromètre oculaire permet d'évaluer en μ le diamètre moyen d'un certain nombre de grains, une dizaine dans les cas les plus favorables, et la moyenne générale fournit la dimension adoptée. Elle est toujours de même ordre que la dimension prévue par la loi de Stokes pour un grain sphérique de même vitesse limite.

Chaque poudre est étudiée magnétiquement à l'aide d'une balance de Curie-Cheneveau, dont la suspension a été modifiée pour permettre de replacer la substance dans la même position après décrochage; cette position est vérifiée en observant sur un écran transparent quadrillé l'image de l'entrefer et du tube placé dans le plan de l'aimant.

Le champ dans l'entrefer est de 700 gauss et les valeurs de χ correspondent à ce champ constant.

Trois hématites ont été étudiées complètement. Les numéros indiqués sont ceux de notre collection.

34. Hématite du Val d'Ajol (Vosges). Polycristalline. Les éléments cristallins appa-

rents ont des dimensions de plusieurs millimètres, ce que confirme l'étude de l'anisotropie.

35. Hématite des Vosges; polycristalline, micacée.

80. Hématite tabulaire de San Julião (Brésil), provenant du Muséum où elle porte le n° **117432**. Cristal unique à faces très réfléchissantes.

Les résultats sont groupés dans le tableau suivant qui fournit les valeurs de $\chi \cdot 10^6$ U. E. M. en fonction du diamètre d du grain moyen exprimé en μ.

d (en μ)...	500.	200.	100.	80.	60.	40.	30.	20.	10.	0.
34........	297	289	278	268	250	205	160	112	68	30
35........	317	301	280	268	250	205	160	112	68	20
80........	419	400	373	360	336	289	250	175	103	25

Jusqu'à 100^μ, la décroissance de χ est lente quoique certaine; sa valeur moyenne est de 0,1 par μ; entre 100^μ et 50^μ, elle devient de plus en plus rapide pour atteindre, au-dessous de 50^μ, une valeur constante, 50 fois supérieure à la pente initiale. La chute de susceptibilité est donc localisée dans ce dernier domaine.

Nous avons porté dans la colonne $d = 0$ la limite effectivement atteinte par broyage, limite de même ordre pour les trois hématites malgré la différence de susceptibilité au départ. Il est important de noter que cet ordre de grandeur correspond au χ minimum des poudres de Fe^2O^3 artificiel rhomboédrique, ce qui montre qu'il n'existe pas de différence essentielle entre ces oxydes et les poudres fines d'hématites.

On remarque enfin que 34 et 35, proches dès le début, se rejoignent vers 100, tandis que 80 conserve jusqu'à la limite une aimantation plus forte pour une même valeur de d. Il semble donc que si la dimension du grain moyen est une des variables dont le coefficient χ dépend, ce n'est pourtant pas la seule.

L'origine de cette diminution de susceptibilité avec la taille des grains reste inconnue. Ni le magnétisme classique, ni les dimensions généralement adoptées pour les couches de passage, $0^\mu,1$ au maximum, n'en fournissent une explication.

OPTIQUE CRISTALLINE. — *Examen et retouche des lames de quartz taillées perpendiculairement à l'axe optique.* Note de M. **Roger Servant**, présentée par M. Aimé Cotton.

Dans les lames de quartz plan-parallèles taillées perpendiculairement à l'axe optique, l'orthogonalité des faces à l'axe n'est jamais réalisée que

d'une manière approchée : l'erreur de taille, faible dans les échantillons soignés (ex. : 5′), peut atteindre plus de 15′.

J'ai mis au point un procédé, applicable en particulier aux lames minces pour lesquelles le problème se pose surtout, qui permet d'évaluer cette erreur de coupe et de faire effectuer des retouches s'il y a lieu.

La méthode (dont le détail sera publié ailleurs) utilise l'observation des anneaux en lumière convergente entre nicols croisés donnés par la lame étudiée et le déplacement de ceux-ci lorsque la lame tourne dans son plan. Elle est basée sur le résultat suivant que l'on peut démontrer par la considération de la surface des indices : Considérons le plan normal à la lame contenant l'axe optique, et dans ce plan *le rayon d'incidence* ξ *qui se réfracterait suivant l'axe optique* et les rayons d'incidence i et $-i'$ correspondant au même anneau. Comme l'axe optique est légèrement oblique sur la lame, i et i' sont légèrement différents. Si leur valeur est suffisante pour que l'on puisse négliger le pouvoir rotatoire du quartz vis-à-vis de la biréfringence, on a approximativement, entre les valeurs absolues de i et i', $\sin i' = \sin i - 2\xi$. *Les rayons correspondant au même anneau sont symétriques par rapport au rayon d'incidence* $\xi' = \xi/\cos i$ (1). (On voit qu'ils seraient symétriques par rapport au rayon se réfractant suivant l'axe optique s'il n'y avait pas un décentrement s'accentuant avec l'obliquité.)

Le procédé a été confirmé expérimentalement (les retouches étaient effectuées au laboratoire même par M. Guibert et les lames étudiées à nouveau). On peut dire qu'*il permet d'obtenir des lames dont l'orientation soit exacte à moins d'une minute près.*

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur la cinétique d'oxydation du cobalt en solution ammoniacale.* Note de M. **Marcel Châtelet**, présentée par M. Georges Urbain.

L'étude de la cinétique de la réaction d'oxydation d'une solution par l'oxygène gazeux nécessite l'emploi d'un dispositif d'agitation suffisamment énergique pour que la vitesse d'absorption de l'oxygène soit indépendante de la vitesse d'agitation. J'ai employé un tube-laboratoire en verre épais dans lequel tournait un agitateur à palettes entraîné directement sur

(1) Ce résultat, déduit de l'égalité précédente, suppose évidemment que $\cos i$ diffère encore assez de zéro pour que ξ' puisse être considéré comme un infiniment petit.

l'arbre d'un moteur électrique. L'étanchéité est réalisée à l'aide d'un presse-étoupe. L'ensemble réalise un montage analogue à celui réalisé autrefois par André Job pour l'étude de la cinétique d'oxydation de l'hydroquinone. Le tube-laboratoire est relié à un réservoir d'oxygène et durant l'expérience les variations de la pression sont déterminées en enregistrant photographiquement les déplacements du ménisque d'un manomètre à eau.

L'expérience montre que les courbes obtenues deviennent indépendantes de la vitesse de rotation de l'agitateur dès que celle-ci atteint 4000 tours minute. Un dispositif auxiliaire permet d'obtenir simultanément sur chaque enregistrement l'échelle des longueurs et l'échelle des temps.

Les expériences ont été faites avec des solutions contenant dans tous les cas suffisamment de chlorure d'ammonium pour éviter toute précipitation d'hydroxyde de cobalt. Les premiers résultats obtenus montrent que :

a. La vitesse d'oxydation pour une teneur constante en cobalt dépend à la fois de la teneur en chlorure d'ammonium et de la teneur en ammoniaque.

b. La limite d'oxydation pour une teneur constante en cobalt dépend également des teneurs en chlorure d'ammonium et d'ammoniaque. Pour des teneurs en cobalt et en chlorure d'ammonium déterminées, la quantité d'oxygène absorbée en fin de réaction croît avec la quantité d'ammoniaque. Lorsque cette teneur en ammoniaque augmente beaucoup, elle tend vers une limite qui correspond à la fixation d'un atome d'oxygène par chaque atome de cobalt, c'est-à-dire que le métal passe de la valence 2 à la valence 4.

c. J'ai montré [1] qu'une solution $CoCl^2$, NH^4Cl, NH^4OH, H^2O pouvait être considérée comme contenant des ions cobaltomonoammine et colbaltotriammine $(CoNH^3)^{++}$ et $[Co(NH^3)^3]^{++}$.

Les vitesses d'absorption d'oxygène au début de la réaction $(dp/dt)_0$ sont, pour une série d'expériences dans lesquelles les concentrations en cobalt et en chlorure d'ammonium restent fixes, proportionnelles aux concentrations en ions cobaltomonoammine de telle sorte qu'il apparaît que la teneur en ammoniaque de la solution n'influe sur la vitesse initiale d'oxydation qu'en modifiant la concentration en ions $[Co(NH^3)]^{++}$.

---

(1) *J. Chim. Phys.*, 33, 1936, p. 315.

THERMOCHIMIE. — *Rendements de la combustion des hydrocarbures et valeurs énergétiques des liaisons de leurs atomes.* Note [1] de M. **Marcus Brutzcus**, présentée par M. Jean Perrin.

En Thermochimie on envisage généralement la combustion au point de vue du corps brûlé, mais on peut aussi l'envisager du point de vue de la quantité d'oxygène employée et y rapporter les chiffres expérimentaux et théoriques.

Comme nous l'avons démontré [2], à la combustion, soit d'hydrogène, soit de carbone ou des hydrocarbures, la quantité intrinsèque (R_{int}) qui se dégage par molécule-gramme d'oxygène (M) est constante, à savoir $456,6\,K_{cal}$, qui se répartissent comme suit :

$$R_{int} = L_i(O = O) + R_{cal}(C^m H^n) + 2.[L_i(C^m H^n) \text{ moyenne}]. \quad (1)$$

1° R_{int}(intrinsèque) $= 456,6\,K_{cal}$ est une constante calculée à la base des chiffres expérimentaux de la spectroscopie;

2° $L_i(O = O) = 116,4 \pm 0,2\,K_{cal}$ est l'énergie de la destruction de M de O;

3° $R_{cal}(C^m H^n)$ est le rendement calorifique par M de O. Comme les tables ci-dessous le montrent, cette valeur est à peu près égale pour tous les hydrocarbures saturés, à savoir, environ 105-106 K_{cal} [3], les variations sont principalement causées par la variation de la proportion des $L_i(C - C)$ et $L_i(C - H)$ dans la molécule. Pour les hydrocarbures non saturés ses valeurs sont plus grandes. Les causes en seront indiquées ci-dessous et il sera montré que leurs valeurs *peuvent être calculées* a priori;

4° $L_i(C^m H^n)_m$ est la valeur moyenne de toutes les liaisons des atomes de la molécule en question. Par la destruction d'une liaison de deux atomes dans la molécule, deux valences deviennent libres, c'est pourquoi l'adjonction de M de O à la molécule est toujours liée à la destruction de deux liaisons. Si la molécule contient des atomes C bivalents, ceux-ci sont portés à la combustion à l'état tétravalent, ce qui comporte l'apparition de deux valences pour chaque C bivalent. Il s'ensuit que ce passage égale la destruction d'une liaison. Il s'en dégage une loi thermochimique générale, à savoir

---

(1) Séance du 8 mars 1937.

(2) *Comptes rendus*, **204**, 1937, p. 490 et 574.

(3) *Comptes rendus*, **199**, 1934, p. 1186; **200**, 1935, p. 2168.

que *l'oxydation d'un hydrocarbure est toujours liée à la destruction de deux liaisons dans la molécule par* M *de* O *employée; le passage de* C *bivalent à l'état tétravalent compté pour une liaison.*

Des considérations exposées ci-dessus résulte l'équation (1). Cette équation ne contient, outre les valeurs des liaisons moyennes, que des chiffres expérimentaux très exacts. Elle peut être écrite :

$$\underline{R_{cal}(C^m H^n) + 2\,L_i(C^m H^n)_m = 340{,}2\ K_{cal}.}$$

Il s'ensuit que nous pouvons calculer les valeurs moyennes des liaisons *avec une très grande exactitude*, et en partant de ces chiffres moyens, on peut arriver par équations algébriques aux valeurs $L_i(C-C)$ et $L_i(C-H)$. Les résultats ainsi obtenus sont en parfaite conformité avec ceux obtenus dans les deux Notes précédentes par une méthode tout autre.

Calcul a priori *du rendement calorifique des corps non saturés.* — Soit par exemple C^2H^2,

$$R_{cal}(C^2H^2) = 340{,}2 - 2/5\,[L_i(C-C) + 2.L_i(C-H) + 2.(V_2 - V_4) - 20{,}1],$$

où 20,1 est l'affaiblisement des liaisons de C^2H^2 (comp. lignes 5 et 6 p. 493)

$$R_{cal}(C^2H^2) = 340{,}2 - 2/5\,[120{,}78 + 2.116{,}34 + 2.102{,}72 - 20{,}1] = 124{,}68\ K_{cal}.$$

L'origine du chiffre $R_{cal}(C^m H^m) = 105\text{-}106\ K_{cal}$. — Comparons, comme exemple, la combustion de CH^4 avec la combustion d'un atome libre C et de 2H dont le rendement moyen

$$R_{cal} = (134{,}69 + 2.67{,}426) : 2 = 134{,}77\ K_{cal},$$
$$R_{cal}(C + 2H) = 340{,}2 - L_i(H-H) - 1/2(V_0 - V_4),$$
$$R_{cal}(CH^4) = 340{,}2 - 2.L_i(C-H),$$
$$R_{cal}(CH^4) = R_{cal}(C+2H) - [2.L_i(C-H) - L_i(H-H) - \tfrac{1}{2}(V_0 - V_4)]$$
$$= 137{,}77 - 2.(117{,}2 - 102{,}72) = 105{,}81\ K_{cal}.$$

Origine de la valeur $102{,}72\ K_{cal}$ *pour* $(V_2 - V_4)$. — La spectroscopie donne pour $(V_2 - V_4)$ la valeur peu exacte d'*environ* $100\,K_{cal}$. La liaison $(C-H)$ dans le méthane a une valeur exacte de $117{,}2\ K_{cal}$. Sa chaleur de formation est de $57{,}9\ K_{cal}$, ce qui donne $14{,}48\ K_{cal}$ pour une $L_i'(C-H)$, d'où

$$(V_2 - V_4) = 117{,}2 - 14{,}48 = 102{,}72\ K_{cal}.$$

Il s'ensuit que la valeur $L_i(C-O^2) = 456{,}53$, tandis que pour $4.L_i(H-O)$ on obtient indépendamment la valeur de $456{,}69\ K_{cal}$. Il semble que la petite

différence trouvée correspond à une différence réelle : les centres de gravité des noyaux H et O peuvent être portés à un niveau plus proche que les centres de gravité du noyau de l'atome C, 12 fois plus grand que H, avec le même noyau de O.

	CH^4.	C^2H^6.	C^6H^{14}.	C^8H^{18}.	H—C—H.
P_{cal} (E) (¹).....	211,61	371,34	999,74	1313,15	156,7
Moles d'O......	2,0	3,5	9,5	12,5	1,5
$P_{cal}/M = R_{cal}$ ...	105,80	106,1	105,24	105,05	104,47
L_i moyenne.....	117,2	117,05	117,48	117,57	117,87
	Cyclohexane C^6H^{12}.	Benzène C^6H^6.	Éthylène C^2H^4.	Acéthylène C^2H^2.	Cylohexène C^6H^{10}.
P_{cal} (E) (¹).....	943,29	786,5	332,20	311,60	904,0
Moles d'O......	9,0	7,5	3,0	2,5	8,5
$P_{cal}/M = R_{cal}$....	104,81	104,87	110,73	124,64	106,35
L_i moyenne.....	117,70	117,66	114,73	107,78	116,95
L_i moyenne sans compter les m'.	–	–	117,1	111,1	117,7

COLLOÏDES. — *Nature électrochimique des solutions cellulosiques.* Note de Mme **Alma Dobry**, présentée par M. Georges Urbain.

Les propriétés des solutions colloïdales dépendent, comme celles des solutions ordinaires, de la nature du solvant et notamment de son pouvoir inducteur spécifique. A chaque classe de cristalloïdes (électrolytes, non-électrolytes) correspond une classe de colloïdes. Ainsi, aux sels solubles dans l'eau correspondent les colloïdes électrolytiques; aux corps insolubles dans l'eau et solubles dans les hydrocarbures correspondent les colloïdes du type caoutchouc ou polystyrol. Dans le cas le plus général, et si l'on s'en tient aux colloïdes dits lyophiles, donnant des solutions stables, la solubilité dans l'eau entraîne la conductivité électrique, et la solubilité dans le benzène entraîne la non-conductivité.

Il existe un groupe de colloïdes dont la position est inconnue du point

(¹) Dans cette Note comme dans les précédentes, les valeurs de la puissance calorifique sont calculées relativement à l'énergie de transformation E

$$E = Q_p - \Sigma(n - n').1{,}985.T\,Gr_{cal}.$$

Pour tous les hydrocarbures $\Sigma(n - n') = 1 + H/4$.

de vue électrochimique: ce sont ceux qui, comme certains esters de cellulose (nitrate, acétate), sont insolubles à la fois dans l'eau et les hydrocarbures, solubles dans les solvants organiques de pouvoir inducteur spécifique élevé. D'une part leur insolubilité dans l'eau les ferait considérer *a priori* comme des non-électrolytes; d'autre part leur insolubilité dans les hydrocarbures et leur solubilité dans l'acétone, le méthanol, etc., conduirait au résultat inverse. Ce problème ne semble pas avoir été abordé.

J'ai étudié les di- et trinitrocellulose, di- et triacétate dissous dans l'acétone. La conductivité, toujours très faible, était mesurée par la chute de potentiel dans un circuit de dimensions déterminées parcouru par un courant continu d'intensité connue. Les solutions étaient débarrassées de tout électrolyte par dialyse. Pour éliminer toute cause d'erreur due aux impuretés diffusibles, chaque solution était enfermée dans un sac de collodion, et laissée en contact avec l'acétone pure assez longtemps pour que l'équilibre de diffusion soit établi. Je mesurais alors dans le même appareil la conductivité de la solution et celle du solvant.

Les solutions acétoniques de di- et trinitrocellulose sont toujours conductrices. La conductibilité est très faible : le chiffre le plus élevé obtenu (dinitrocellulose de poids moléculaire moyen 45000) est 3.10^{-6}, à 20°, pour une solution à 1 pour 100. Elle est plus faible encore pour des dinitrates de poids moléculaire plus élevé et pour les acétates. Elle est proportionnelle à la concentration, celle-ci restant toujours faible (de 0,5 à 6 pour 100).

La triacétylcellulose n'est pas directement soluble dans l'acétone; on arrive cependant à l'obtenir dissoute en dialysant contre l'acétone une solution chloroformique. Celle-ci est non conductrice : elle le reste après addition d'une petite quantité d'acétone, bien que le liquide obtenu soit ionisant, car il peut devenir conducteur par addition d'iodure de potassium. Le triacétate peut donc, suivant les cas, se comporter comme un corps ionisé ou non-ionisé.

Le mécanisme de la conductivité ne peut pas être établi de manière certaine. Trois échantillons de dinitrocellulose de poids moléculaire moyen 45000, 90000 et 250000 ont donné comme conductivité moléculaire dans l'acétone 0,0135, 0,012 et 0,015 alors que les conductivités des sels ordinaires (iodures, perchlorates) oscillent autour de 0,18. Cette conductivité est faible, mais nullement négligeable, et il faudrait en tenir compte dans le calcul de la pression osmotique si l'on extrapole aux colloïdes la théorie d'Arrhenius. On pourrait l'expliquer par l'existence dans chaque molécule d'un groupe faiblement ionisé : ce serait par exemple le groupe carboxyle

dont E. Schmidt pense avoir établi l'existence en bout de chaîne. Mais on peut invoquer aussi un phénomène purement électrocinétique.

Le procédé de mesure que j'ai employé ne donne de résultats que si les solutions sont très pures. Lorsqu'elles contiennent des sels, même en très faible proportion, on peut observer une conductivité négative (conductivité de la solution moindre que celle du solvant en équilibre). Je poursuis l'étude de ce phénomène qui jette un jour nouveau sur la constitution des solutions colloïdales en général.

CHIMIE ANALYTIQUE. — *Sur une méthode sensible pour la recherche de traces d'éléments de terres rares.* Note de M. **Marcel Servigne**, présentée par M. Georges Urbain.

J'ai déjà signalé l'intérêt que présente l'étude de la luminescence des substances solides minérales lorsque ces dernières sont excitées à l'intérieur d'une ampoule à décharges électriques, remplie de gaz rare et de vapeur de mercure sous faible pression ([1]). Cette technique a servi, en particulier, à mettre en évidence l'action sélective de la chaleur sur les émissions des différents centres luminogènes renfermés dans un même diluant.

Il est intéressant de noter que le procédé précédent permet également d'observer dans un grand état de pureté les principales raies du spectre de photo-luminescence des éléments de terres rares. Il suffit pour cela d'incorporer à la manière habituelle un de ces phosphorogènes pur dans un diluant approprié, tel que le tungstate de calcium, qui peut être toléré *spectroscopiquement impur* pour cette opération et renfermer des traces de métaux lourds communs. On obtient ainsi une solution solide dont l'émission lumineuse dans l'ampoule a une répartition énergétique qui dépend de la température. Pour une valeur suffisante de cette dernière, les seules radiations visibles sont celles qui émanent des centres à élément de terres rares. Le spectre caractéristique de cet élément se trouve ainsi dégagé de toute émission, autre que celle de la vapeur de mercure du tube.

Ces circonstances favorisent la recherche *qualitative fine des éléments de terres rares par les raies principales de leur spectre de photo-luminescence.* C'est ainsi que dans un diluant très sensible comme le tungstate ou le molybdate de calcium normal, chacun des éléments Samarium, Dyspro-

([1]) M. Servigne, *Comptes rendus*, 203, 1936, p. 1247.

sium ou Europium est décelable, par observation au spectroscope, à une concentration de 10^{-6} gr par gramme de substance. La quantité maximum de substance utilisée en couche mince pour cet examen est de 1 gr. La température du tube en verre Pyrex peut varier entre 120° à 150°C. L'intensité du courant alternatif alimentant ce tube peut être portée à 300 mA et la tension aux bornes à une centaine de volts.

De plus, il a été constaté que, pour les faibles teneurs comprises entre 10^{-5} et 10^{-7} gr par gramme de matière, la présence de plusieurs des phosphorogènes étudiés dans le même diluant ne nuit pas à leur activité individuelle. Par exemple, pour le mélange Dysprosium-Samarium, l'effet d'interaction, découvert en luminescence cathodique ([2]), entre les émissions des deux éléments du mélange, n'est plus sensible au-dessous d'une concentration des phosphorogènes égale à 10^{-5} gr par gramme de matière. Par contre cet effet, dans lequel le Dysprosium prime le Samarium, apparaît dans le cas d'une grande disproportion entre les quantités des éléments mélangés.

Les faits précédents permettent d'opérer la micro-recherche simultanée de plusieurs éléments de terres rares, tels que le Samarium, l'Europium, le Gadolinium, éléments qui se présentent souvent groupés et à l'état très dilué dans un grand nombre de minéraux.

On peut enfin comparer la précédente méthode de recherche avec une autre méthode, récemment mise au point, également très sensible ([3]) : celle-ci consiste à observer au microscope la photo-luminescence d'une perle de borax renfermant en solution solide les éléments cherchés. Dans le cas favorable où la perle, d'un faible diamètre de l'ordre du millimètre, renferme par exemple du Samarium, cet élément peut y être decelé jusqu'à la quantité limite de 5.10^{-6} gr; sa concentration limite dans la solution solide avec le borax est alors de 1/1000e.

La sensibilité plus grande de la première méthode est expliquée, en dehors des avantages relatifs au mode d'excitation réalisé, par une texture beaucoup plus fine des grains de la substance observée. La plus grande dimension sensiblement fixe des micro-cristaux sélectionnés de tungstate ou de molybdate de calcium ne dépasse pas $0^{mm},05$. La juxtaposition d'un très grand nombre de ces grains sur la paroi intérieure de

---

([2]) G. Urbain, *Ann. de Chimie et Phys.*, 18, 1909, p. 222.

([3]) O. Max Haitinger, *Akad. Wiss. Wien, Math. naturw. Klasse*, IIa, 142, 1933, p. 339-342.

l'ampoule permet donc de réaliser, avec la même quantité de matière, une surface émissive bien plus grande que celle de la perle unique. On peut ainsi, avec une pose de 45 secondes, photographier sur plaque Illford Hypersensitive Panchromatic avec un spectrographe lumineux présentant une dispersion de 31 Å par millimètre le spectre obtenu par l'effet de 10^{-7} gr de phosphorogène.

En résumé, par un emploi approprié de la technique des ampoules à décharges électriques, en utilisant de plus l'effet sélectif de la température sur les émissions de photo-luminescence, il est possible de déceler, dans 1 gr de diluant spectroscopiquement impur et de préparation courante, chaque élément de terres rares jusqu'à des quantités de l'ordre de 10^{-7} gr. Il a été enfin constaté que cette micro-recherche est encore possible pour quelques mélanges de ces phosphorogènes dans un même diluant.

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur les tétramétaphosphates.* Note (¹) de M. **Pierre Bonneman.**

Pascal (²) a signalé que le chauffage progressif des phosphates monométalliques, et plus particulièrement du phosphate monosodique, fournissait de façon réversible, après l'apparition de formes insolubles, un trimétaphosphate, puis un tétramétaphosphate, enfin le polymère de Graham, qui est un hexamétaphosphate complexe qui fond à 640°.

Les points de transition réversible entre le trimétaphosphate et les polymères voisins n'ont pas été indiqués par l'analyse thermique (³); mais les tétramétaphosphates n'en existent pas moins et l'on peut observer, quand on les prépare indépendamment par le procédé qui suit, qu'ils se transforment à volonté en trimétaphosphates ou en hexamétaphosphates complexes.

Pour obtenir le tétramétaphosphate de sodium, nous suivons une technique indiquée par Warschauer (⁴).

On chauffe dans le platine, d'abord au bain-marie, puis à une température qui ne doit pas dépasser 400°, un mélange d'acide phosphorique et d'oxyde cuivrique. Ces

(¹) Séance du 8 mars 1937.

(²) Pascal, *Bulletin de la Société chimique*, 4e série, 35, 1924, p. 1132.

(³) Boullé, *Comptes rendus*, 102, 1935, p. 658 et 832.

(⁴) Warschauer, *Zeitchrift für anorganische Chemie*, 36, 1903, p. 137.

deux corps sont pris dans les proportions moléculaires $PO^4H^3:CuO = 0,510$ à $0,525$. On arrête la chauffe au moment où se dégagent des vapeurs blanchâtres.

La masse refroidie est finement pulvérisée, puis traitée par une solution de sulfure de sodium équivalente à la quantité de cuivre mis en jeu; le liquide filtré est alors évaporé dans le vide.

On obtient ainsi des cristaux auxquels l'analyse assigne la formule brute PO^3Na, H^2O et qui deviennent anhydres par passage à l'étuve à 100°.

Warschauer formulait ce sel comme un tétramétaphosphate $(PO^3)^4Na^4, H^2O$, pour tenir compte de la variation de sa conductibilité en solution et pour représenter de la façon la plus simple les sels doubles qui en dérivent. Nous avons renforcé cette présomption en faisant l'étude cryoscopique du sel anhydre dissous dans le sulfate de sodium hydraté fondu et l'étude conductimétrique du même sel dans l'eau.

La constante cryoscopique du sulfate utilisé, déterminée à l'aide du chlorure de sodium, était 3.246. Les abaissements cryoscopiques A correspondant à la concentration c donnaient au rapport $A:c$ la valeur moyenne 7,75. La masse moléculaire du sel anhydre devenait alors égale à 418, au lieu de la valeur théorique 408 pour la formule $(PO^3)^4Na^4$. Cette conclusion est recoupée par les mesures de conductibilité à diverses dilutions qui donnent $\lambda_{1024} - \lambda_{32} = 42$ ou $4 \times 10,5$.

Aux tétramétaphosphates anhydre et hydraté correspondent d'ailleurs des spectres X de poudre bien individualisés et tout à fait distincts de ceux des trimétaphosphates. Les principales directions de diffraction pour la raie K_a du cuivre sont caractérisées par les angles [5] :

Sel anhydre. — 7°55′(FF), 8°40′(ff), 9°25′(ff), 10°10′(F), 11°35′(aF), 12°20′(ff), 12°50′(F), 14°20′(aF), 15′10′(FF), 16°10′(aF), 17°45′(aF), 18°05′(ff), 19°40′(af), 20°25′, 20°50′ et 21°25′(f), 22°10′(f), 23°15′(ff), 24°15′(ff), 24°50′(ff), 25°55′(af), 27°25′(ff), 28°05′(aF), 30°00′(ff), 31°10′(ff), 33°50′(f).

Sel hydraté. — 4°40′(FF), 6°55′(ff), 7°50′af), 8°50′(F), 10°05′(aF), 11°30′(aF), 12°45′(ff), 13°55′(af), 14°20′(FF), 15°50′(aF), 17°05′(F), 18°05′(aF), 18°45′(f), 19°20′(ff), 20°10′(af), 21°25′, 21°55′, 22°30′ et 22°55′(ff), 23°25′(f), 24°00′, 24°35′ et 25°05′(f), 25°50′(ff), 26°45′(f), 27°20′(f), 30°10, 30°30′ et 30°55′(f), 31°55′(f), 32°15′(f).

D'après les indications de Pascal, le tétramétaphosphate anhydre obtenu par trempe ne serait stable que dans l'intervalle étroit des deux tempéra-

---

(5) FF : très forte; F : forte; aF : assez forte; af : assez faible; f : faible; ff, très faible.

tures limites 607° et 640°. Notre sel anhydre devrait donc être en état de faux équilibre à la température ordinaire et serait susceptible de revenir à l'état de trimétaphosphate quand on le réchauffe suffisamment dans la zone d'existence de ce dernier, afin d'accroître la vitesse de retour vers la forme stable, trimère.

C'est bien ce que nous avons constaté, en suivant l'évolution de la matière à l'aide des spectres X. Ainsi

à 250°, une chauffe de 2 heures ne fait pas encore apparaître de façon reconnaissable les raies caractéristiques du trimétaphosphate;

à 375°, dans les mêmes circonstances, on observe avec la même netteté, les deux spectres superposés de la forme trimère et de la forme tétramère non encore transformée;

à 500°, au bout de 12 heures, il ne reste plus trace du spectre caractéristique du tétramétaphosphate qui est remplacé par le trimétaphosphate.

Si l'on ajoute enfin que la fusion de notre tétramétaphosphate fournit le sel de Graham, on doit considérer que ces premiers résultats redémontrent bien la possibilité de passer du tétramétaphosphate, d'une part au trimétaphosphate par une chauffe modérée, et d'autre part à l'hexamétaphosphate complexe par un chauffage allant jusqu'à la fusion. Nous nous proposons de poursuivre ces essais afin de préciser les températures limites auxquelles change de sens cette double évolution thermique du tétramétaphosphate de sodium.

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur le mécanisme de la polymérisation des chlorures de phosphonitrile* $(Cl^2PN)^x$. Note de M. **Armand Marie de Ficquelmont**, présentée par M. Marcel Delépine.

Les termes inférieurs de la série des chlorures de phosphonitrile $(Cl^2PN)^x$ se polymérisent entre 150° et 350°, et l'on obtient ainsi des produits ayant l'aspect du caoutchouc, qui renferment alors des composés insolubles de poids moléculaires très élevés. Certains auteurs ont prétendu que ces hauts polymères insolubles peuvent à leur tour se décomposer complètement pour donner naissance à des chlorures de phosphonitrile solubles, beaucoup moins polymérisés, mais j'ai montré récemment (¹) qu'aucun argument vraiment probant ne permet actuellement de supposer qu'une telle transfor-

(¹) A. Marie de Ficquelmont, *Comptes rendus*, 204, 1937, p. 689.

mation puisse se produire réellement au-dessous de 500°. Il ne s'ensuit pas pourtant que l'évolution thermique des chlorures de phosphonitrile vers des formes de plus en plus polymérisées, s'effectue suivant un processus irréversible. Je montrerai, au contraire, dans cette Note, qu'il doit exister des relations d'équilibre, tout au moins entre les termes inférieurs de la série, et j'en tirerai les conclusions qui s'imposent, au point de vue du mécanisme de la polymérisation des chlorures de phosphonitrile.

Quand on chauffe un chlorure de phosphonitrile entre 120° et 200°, on constate que son point de fusion s'abaisse continuellement, en fonction du temps et du mode opératoire, par suite de la formation de molécules ayant un autre degré de polymérisation. C'est ainsi que le trimère $P^3N^3Cl^6$, premier terme actuellement connu de la série, donne naissance au tétramère $P^4N^4Cl^8$, tandis qu'inversement le tétramère se transforme en trimère; si bien que, dans les mêmes conditions de température, on peut observer indifféremment une polymérisation du trimère en tétramère ou une dépolymérisation du tétramère en trimère, suivant la proportion de chacun de ces corps dans le mélange initial. D'autre part, le produit que l'on obtient en polymérisant brutalement vers 250° le trimère ou le tétramère renferme de l'hexamère $P^6N^6Cl^{12}$. Mais, si l'on distille l'hexamère à 260°, on recueille alors, d'après Stokes [2], un mélange qui contient, en plus de l'hexamère, du trimère, du tétramère et du pentamère. La transformation s'effectue donc, ici encore, suivant les cas, dans le sens de la polymérisation ou dans celui de la dépolymérisation, et il est ainsi légitime d'admettre qu'il existe des équilibres entre les termes inférieurs, trimère, tétramère et hexamère de la série des chlorures de phosphonitrile.

La polymérisation des chlorures de phosphonitrile ne peut d'ailleurs pas s'effectuer par simple condensation des molécules $(Cl^2PN)^x$. Dans le cas du trimère, par exemple, ce mécanisme ne permet pas d'expliquer la formation du tétramère, mais seulement celle de l'hexamère suivant le schéma $2P^3N^3Cl^6 \rightleftharpoons P^6N^6Cl^{12}$. L'obtention du tétramère $P^4N^4Cl^8$ à partir du trimère $P^3N^3Cl^6$, qui correspond à la fixation d'un seul groupe monomère Cl^2PN sur la molécule trimère, nous oblige à admettre une dépolymérisation préalable et d'ailleurs réversible de cette molécule trimère en molécules monomères, et l'existence de la molécule dimère paraît être alors aussi assez vraisemblable.

On pourrait objecter que les molécules Cl^2PN et $Cl^4P^2N^2$ n'ont jamais

(2) *Am. Chem. Journal*, 19, 1897, p.782.

été isolées, mais cette objection apparaît de peu de valeur si l'on tient compte du fait que ces molécules peuvent avoir une structure électronique non saturée qui ne leur permet pas d'avoir une stabilité comparable à celle des autres molécules plus polymérisées de la série. H. Moureu et G. Wétroff ([3]) ont d'ailleurs montré, dans un mémoire récent, qu'il semblait bien en être réellement ainsi au moins dans le cas du monomère Cl^2PN. Il est donc beaucoup plus naturel de penser qu'un mélange de chlorure de phosphonitrile ne pourra jamais renfermer une bien grande proportion de monomère ou de dimère. Il est intéressant de remarquer ici que les chlorures de phosphonitrile fraîchement distillés laissent dégager, sous pression réduite, pendant un certain temps, un produit très volatil, toxique et lacrymogène, dont l'odeur, bien que beaucoup plus pénétrante, est analogue à celle du trimère. Il est possible que ce produit, formé au cours de la distillation, soit l'un ou l'autre des deux termes manquants.

En résumé, le mécanisme de la polymérisation des chlorures de phosphonitrile paraît être le suivant : une molécule de chlorure de phosphonitrile $(Cl^2PN)^x$ commence par se dépolymériser avec formation de groupes monomères ; ces groupes qui possèdent une grande réactivité, par suite de leur structure électronique non saturée, se fixent ensuite très facilement sur d'autres molécules de chlorures de phosphonitrile pour donner naissance successivement à des polymères d'ordre de plus en plus élevé. Toutes ces transformations étant réversibles, le système va évoluer jusqu'au moment où la vitesse de formation d'un terme quelconque devient égale à sa vitesse de décomposition. Ceci explique peut-être que le caoutchouc minéral puisse renfermer à la fois tous les termes inférieurs de la série des chlorures de phosphonitrile, à côté de polymères très élevés. Mais la transformation finale du caoutchouc minéral en un produit ν insoluble, non volatil à 500°, implique, ou que cette dernière transformation s'effectue d'une manière réellement irréversible, ou que la tension de vapeur des termes moins polymérisés en équilibre avec le produit ν soit très faible à basse température. Comme dans le cas du paranitrure de phosphore $(PN)^n$, on devrait donc pouvoir observer une dépolymérisation du produit $\nu(Cl^2PN)^n$, à haute température ($>$ 500°), la différence entre ces deux séries voisines de composés se réduisant alors à une différence entre les vitesses de polymérisation de leurs termes inférieurs.

([3]) *Comptes rendus*, 204, 1937, p. 204.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur la nitration des hydrocarbures paraffiniques au moyen du peroxyde d'azote.* Note [1] de MM. **Thadee Urbanski** et **Marian Slon.**

Poursuivant nos recherches sur la nitration du propane et du méthane par l'action des vapeurs de peroxyde d'azote [2], nous avons constaté que ce mode opératoire constitue une méthode générale de nitration des hydrocarbures paraffiniques et nous l'avons appliqué à la nitration des pentane, hexane, heptane, octane et nonane normaux.

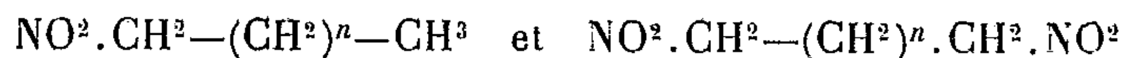
Les vapeurs de ces hydrocarbures, chauffées au-dessus de la température d'ébullition, étaient mélangées avec l'oxyde d'azote et introduites à l'intérieur du tube de réaction porté au voisinage de 200°.

Les produits volatils de la nitration étaient condensés. Après avoir éliminé les oxydes d'azote à froid par un courant d'air, nous avons lavé à l'eau le résidu, composé de produits nitrés et d'hydrocarbure inchangé, nous avons séché ce mélange au sulfate de sodium et fait évaporer l'hydrocarbure. Le mélange des nitrocomposés était fractionné dans le vide. Généralement, nous n'avons pu distiller ainsi que les mononitrés à chaîne courte, car les dinitrés et quelques mononitrés à chaîne longue se décomposent facilement au-dessus de 100°.

La séparation des mononitrés et des dinitrés n'était pas complète; mais elle est suffisante pour rendre possible la numération des groupes NO^2 dans les molécules des diverses fractions.

Nous avons constaté que les dérivés nitrés obtenus par cette méthode sont presque exclusivement des composés primaires, présentant donc le groupement — CH^2NO^2, caractérisé par la formation d'acides nitroliques et par la réduction jusqu'aux aldéhydes sous l'action du zinc et de l'acide acétique; les acides nitroliques étaient toujours présents dans les eaux de lavage. Nous n'avons pu constater la présence de nitrocomposés secondaires.

Comme les dosages d'azote montrent la présence simultanée de mono et dinitrocomposés, ceux-ci doivent présenter les formules générales



$$NO^2.CH^2{-}(CH^2)^n{-}CH^3 \quad \text{et} \quad NO^2.CH^2{-}(CH^2)^n.CH^2.NO^2$$

et l'on peut exprimer la nitration à l'aide du schéma



$$2R.CH^3+4NO^2 \rightarrow 2RCH^2NO^2+H^2O+N^2O^3(NO^2+NO).$$

En effet, nous avons pu constater, dans les produits de la réaction, la présence de l'eau, de N^2O^3, ainsi que de NO^2 et NO, avec des produits secondaires, principalement ceux d'oxydation, tels que aldéhydes, acides gras et acides nitroliques.

---

(1) Séance du 1er mars 1937.

(2) T. Urbanski et M. Slon, *Comptes rendus*, 203, 1936, p. 620.

Suivant les conditions d'exécution de la réaction et les dimensions de l'appareil, le rendement variait de 30 pour 100 jusqu'à 80 pour 100 de la théorie; le rapport entre les mono et les dinitrocomposés obtenus était le plus souvent de 60 à 40.

Le *n-pentane* donne par exemple un mélange composé de 60 pour 100 de mononitropentane et 40 pour 100 de dinitropentane.

De ce mélange on sépare entre 47 et 50° sous 12^{mm}Hg, un produit contenant 12,16 pour 100 d'azote (théorie : 11,96 pour 100 pour le nitropentane) et qui entre en ébullition à 164-165° sous 750^{mm},3 Hg.

Le résidu (non distillé pour éviter sa décomposition) contient 17,03 pour 100 d'azote (calculé : 17,27 pour 100 pour le dinitropentane).

Le *n-hexane* a fourni une fraction distillant entre 66 et 72° sous 14^{mm}Hg, et contenant 11,25 pour 100 d'azote ce qui correspond au mononitrohexane (10,68 pour 100) contenant du dinitrohexane. Cette fraction passait à 185° sous 780^{mm}, 3 Hg.

Le résidu présentait un taux d'azote de 14,89 pour 100, ce qui correspond au dinitrohexane (15,9 pour 100) contenant du mononitrohexane.

Le *n-heptane*, après nitration, donne une fraction passant à 80-92° sous 20^{mm} Hg et contenant 10,01 pour 100 d'azote (9,66 pour 100 pour le nitroheptane). Cette fraction distille à 199-200° sous 750^{mm},3 Hg.

Le résidu titre 13,65 pour 100 d'azote; il contient donc surtout du dinitroheptane (14,73 pour 100 d'azote) souillé par du mononitroheptane.

Le *n-octane* a fourni un dérivé nitré qui n'a pas été distillé par crainte de décomposition; il contenait 9,74 pour 100 d'azote, comme s'il était formé de 81 pour 100 de mononitrooctane (8,80 pour 100 d'azote) et de 19 pour 100 de dinitrooctane (13,72 pour 100 d'azote).

Le *n-nonane*, étudié comme le *n*-octane, donne un mélange dont la teneur en azote est 9,58 pour 100, ce qui correspond à 68,5 pour 100 environ de mononitré (8,08 pour 100 d'azote) et 31,5 pour 100 de dinitré (12,83 pour 100).

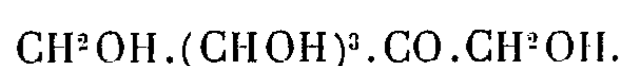
CHIMIE ORGANIQUE. — *Influence de quelques composés sur la formation de l'acide cyanhydrique, par oxydation du lévulose ou de l'alloxane, en milieu cupri-ammonique.* Note de M. **Jacques Parrod**, présentée par M. Georges Urbain.

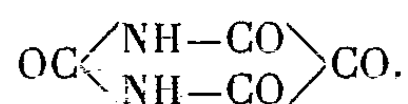
J'ai signalé (¹) la formation de CNH, lorsque le lévulose est oxydé par différents sels cuivriques d'acides minéraux, en milieu ammoniacal, à la

(¹) *Bull. Soc. Chim. Fr.*, 5e série, 3, 1936, p. 1126-1135.

température de 60°. Les rendements, variables avec l'acide utilisé, sont particulièrement importants dans le cas de SO^3H^2.

Je me suis proposé d'étendre ces recherches à quelques types des principaux dissolvants de $Cu(OH)^2$ en milieu ammoniacal. Ceux-ci présentent dans leurs molécules des groupes fonctionnels acides, alcools ou amines. Il était intéressant de comparer les rendements en CNH obtenus à partir du lévulose (I) à ceux que donne un composé de structure très différente, l'alloxane (II),





(I). (II).

Enfin les résultats numériques n'auraient pas eu de signification bien nette, si les vitesses d'oxydation de CNH par les différents milieux cupri-ammoniques prenaient des valeurs trop importantes; j'ai donc cherché à déterminer leurs ordres de grandeur.

Technique. — Dans une fiole conique de 50^{cm^3}, on introduit $0^g,500$ de lévulose ou d'alloxane, ou bien 5^{cm^3} d'une solution de $CNNH^4$ titrée (0,3 à 0,4 mol-g par litre); ainsi que 50^{cm^3} d'une solution contenant pour 1 litre : $Cu(OH)^2$, 50^g(0,5 mol-g), NH^3 ($d = 0,92$), 250^{cm^3} (2,5 mol-g); solvant de $Cu(OH)^2$, neutralisé s'il y a lieu par NH^3, 1 mol-g divisée par le nombre de groupes fonctionnels. Les fioles bien bouchées sont plongées dans un thermostat à 60°; puis CNH est dosé dans le distillat obtenu après acidification (20^{cm^3} HCl, $d = 1,19$ et 2^g Zn).

Nombres de molécules de CNH *obtenues à partir de* 100 *atomes de* C.

Durées de chauffage.....	4 heures à 60°.			0 heure à froid.
	Lévulose.	Alloxane.	CNH.	CNH.
Ac. sulfureux..........	15,3	3,60	46,9	79,4
Ac. formique..........	0,3	6,48	62,3	78,3
Ac. acétique...........	0,3	6,72	63,5	79,2
Ac. propionique........	0,3	5,76	61,7	76,0
Ac. butyrique..........	0,3	5,52	63,5	78,0
Ac. malonique.........	0,3	4,96	45,0	74,1
Ac. succinique.........	0,25	5,28	65,6	82,8
Ac. fumarique.........	0,25	6,0	61,5	78,8
Ac. maléique..........	0,3	6,24	68,2	80,7
Ac. glycolique.........	0,35	6,24	61,7	82,4
Ac. mandélique........	0,15	6,56	67,0	84,7
Glycocolle.............	0,3	0,12	62,9	80,7
Glycérine.............	1,85	15,2	70,0	81,3

Durées de chauffage.....	4 heures à 60°.			0 heure à froid.
	Lévulose.	Alloxane.	CNH.	CNH.
Erythrite.............	1,5	14,2	75,2	83,0
Mannite...............	0,6	12,6	75,2	81,3
Sorbite...............	0,6	12,5	75,2	83,6
Amino-éthanol.........	0,6	9,68	69,4	83,0
Ethylène-diamine......	0,35	0,88	71,4	83,2

Discussion. — 1° Les nombres concernant CNH montrent que l'oxydation partielle immédiate bien connue de ce corps, par les solutions cupri-ammoniques à froid, est suivie d'une destruction moins importante à 60°.

2° L'alloxane donne en général un rendement en CNH bien supérieur à celui du lévulose placé dans les mêmes conditions. Ces deux rendements varient dans le même sens lorsque le milieu cuprique change : à peu près constants pour les mono et biacides, ils sont nettement plus grands avec les polyalcools et l'aminoéthanol. Leur décroissance, de la glycérine à la sorbite, est remarquable. D'ailleurs, les écarts observés ne peuvent guère être attribués uniquement à des vitesses différentes de disparition de CNH.

3° Le sulfite d'ammonium, le glycocolle et l'éthylène-diamine font exception aux règles ci-dessus; par exemple, dans le cas du sulfite, l'alloxane donne un rendement en CNH beaucoup plus faible que le lévulose, et comparable à celui obtenu avec les autres sels ammoniacaux

Variations des rendements en CNH *avec la durée du chauffage.* — En ce qui concerne l'oxydation du lévulose, l'action de la glycérine diffère de celle du sulfite par la durée de la réaction, ainsi qu'en témoigne le tableau ci-dessous.

Au contraire, si le produit oxydé est l'alloxane, les deux réactions durent plusieurs heures.

Nombre de molécules de CNH *obtenues à partir de* 100 *atomes de* C.

Durées de chauffage à 60°........	1/2 heure.	2 heures.	4 heures.	9 heures.
Lévulose (glycérine)........	1,85	1,80	1,85	1,75
Lévulose (sulfite)..........	6,0	11,7	15,3	19,6
Alloxane (glycérine).......	3,2	11,0	15,2	19,2
Alloxane (sulfite)..........	0,8	1,6	3,6	5,28

Ces divers résultats confirment l'influence particulière du sulfite sur la formation de CNH à partir du lévulose.

GÉOLOGIE. — *Le socle précambrien du Groenland méridional.* Note de M. **Eugène Wegmann**, présentée par M. Charles Jacob.

Depuis les recherches de Giesecke, en 1906 et 1909 ([1]), jusqu'à celles d'Ussing ([2]), l'exploration du socle cristallin de cette région s'est concentrée sur la description minéralogique et pétrographique. Ce dernier auteur y a distingué, d'une part, des gneiss et des schistes, d'âge probablement archéen, et d'autre part, le groupe d'Arsuk et le granite de Julianehaab avec sa suite, d'âge probablement algonkien. Ce n'est qu'à la suite des travaux de Lauge Koch ([3]) qu'on a commencé à voir l'intérêt tectonique de la contrée. Les recherches de l'été dernier faites sous les auspices du Service géologique du Groenland, qui m'autorise à publier cette Note préliminaire, me conduisent à des conclusions un peu différentes de celles admises jusqu'ici ([4]).

La surface topographique du Groenland méridional est entaillée dans les parties profondes d'une très vieille chaîne. Dans les séries plissées on distingue une partie inférieure surtout d'origine sédimentaire. Elle contient, entre autre, des roches graphitiques et même des couches de graphite exploitables. Vers le haut, elle passe à une formation de roches vertes d'une épaisseur de plus de 1000^{m}. Dans l'île d'Arsuk et ses environs, on reconnaît encore des laves en forme de coussins (pillow-lavas), des tuffites et autres produits du volcanisme superficiel. C'est le groupe d'Arsuk d'Ussing; mais il a une extension beaucoup plus grande que ne l'indique cet auteur. Des zones bien conservées se trouvent par exemple sur les deux côtes du fjord de Kobberminebugten; à l'état plus ou moins métamorphisé, on trouve des restes de ce groupe un peu partout dans le district de Julianehaab. Le groupe inférieur et le groupe supérieur (d'Arsuk) forment une série de plusieurs milliers de mètres de puissance. Elle est fortement plissée. Les axes des plissements sont principalement de direction NE-SW,

---

(1) K. L. Giesecke, *Meddelelser om Grönland*, 35, Copenhague, 1910, p. 5-42 et p. 190-241.

(2) N. V. Ussing, *Medd. om Grönland*, 38, 1912, xi-376 p.

(3) Lauge Koch, *Geol. Rundschau*, 28, 1936, p. 9-30.

(4) O. B. Bøggild, *Grönland, Handbuch der regionalen Geologie*, 4, 2a, Heidelberg, 1919, 37 p., 6 fig.

plus ou moins parallèles à la direction des fjords. Dans la région du Tasermiut ou Ketilsfjord des anciens auteurs islandais, ces plissements sont particulièrement bien visibles; nous appellerons donc cette chaîne les *Kétilides*. Les limites de cette unité tectonique ne sont pas encore connues. Il est probable qu'elle forme la côte orientale du Groenland jusqu'à la région basaltique et qu'elle y plonge sous la chaîne calédonienne.

La série plissée a été migmatitisée à plusieurs reprises. Dans de vastes régions cette transformation est allée jusqu'à la formation de granites. Ce sont par exemple les granites de la génération de Julianehaab. Le front de migmatites [5] est d'ordinaire formé d'une vaste zone avec réseau de gros filons et de lentilles de pegmatites et de schistes pegmatisés. Plus à l'intérieur, les roches d'origine sédimentaire sont d'habitude entièrement granitisées; ils ne subsiste, de l'édifice antérieur, que le réseau plus ou moins déformé des filons basiques et des masses ultrabasiques. Le granite de Julianehaab présente donc, comme d'autres granites de ce genre, le cas paradoxal d'un réseau de filons basiques plus ancien que la roche qui le contient. Suivant la situation par rapport au front des migmatites et suivant l'état de mouvement, des produits plus ou moins basiques ont pu être assimilés.

Les granites de Julianehaab et leurs cortèges gneissiques forment actuellement la plus grande partie de la surface du Groenland méridional. Avant le dépôt des sédiments recouvrant les Kétilides en discordance (grès d'Igaliko), l'érosion a donné une pénéplaine entamant profondément les parties granitisées.

Dans l'état actuel des recherches, des essais de parallélisme avec les cycles orogéniques des autres régions précambriennes ne peuvent être que très hypothétiques.

MAGNÉTISME TERRESTRE. — *Valeurs des éléments magnétiques à la station du Val-Joyeux (Seine-et-Oise) au 1er janvier* 1937. Note de M. **Louis Eblé**, présentée par M. Charles Maurain.

Les valeurs des éléments magnétiques au 1er janvier 1937 présentées ci-dessous sont, comme les années précédentes, déduites de toutes les valeurs horaires enregistrées au cours des mois de décembre 1936 et

(5) C. E. Wegmann, *Geol. Rundschau*, 26, 1935, p. 305-350.

janvier 1937. Les variations séculaires résultent des différences entre les grandeurs des éléments au 1er janvier 1937 et au 1er janvier 1936.

Valeurs absolues et variations séculaires des éléments magnétiques à la station du Val-Joyeux.

(Latitude 48°49′16″; longitude 2°0′52″ E. Gr.)

	Valeurs absolues pour l'époque 1937,0.	Variations séculaires.
Déclinaison	9°52′,9	−8′,3
Inclinaison	64°46′,2	+0′,7
Composante horizontale	0,19641	+0,00002
» verticale	0,41682	+0,00025
» nord	0,19350	+0,00010
» ouest	0,03370	−0,00047
Force totale	0,46078	+0,00024

L'année 1937 est la dernière des enregistrements poursuivis au Val-Joyeux depuis 1900. Ils sont actuellement exécutés à l'Observatoire de Chambon-la-Forêt (Loiret); les observations qui ont été faites concurremment dans les deux stations pendant toute l'année 1936 permettront d'effectuer le raccordement des deux séries.

MAGNÉTISME TERRESTRE. — *Sur l'aimantation dite permanente des basaltes.* Note de M. **Émile Thellier**, présentée par M. Charles Maurain.

J'ai fait, en septembre 1936, des prélèvements de basaltes avec repérage d'orientation suivant le procédé que j'ai exposé dans une Note récente (1). Ces roches, prises en Auvergne, ont été étudiées avec un appareil d'induction (2) qui donne pour chaque bloc la valeur M du moment magnétique et sa direction, c'est-à-dire la déclinaison D et l'inclinaison I de l'aimantation sur le terrain au lieu de prélèvement, si l'on admet la stabilité de cette aimantation. Ces deux angles D et I sont généralement considérés comme la déclinaison et l'inclinaison du champ magnétique terrestre à l'époque de la solidification du basalte.

Voulant récemment publier les résultats obtenus, j'ai repris les mesures, comme je le fais toujours pour les terres cuites, les valeurs trouvées

(1) *Comptes rendus*, 203, 1936, p. 743.

(2) *Comptes rendus*, 200, 1935, p. 736.

n'ayant de sens que si elles se montrent constantes. Les terres cuites m'ont en général donné, pour un même objet, des nombres (valeur et direction du moment) remarquablement constants, même après plusieurs années; pour les basaltes il en fut tout autrement. L'appareil de mesure, vérifié par de nombreux étalonnages, ne pouvant être incriminé, il faut admettre des changements dans l'aimantation des blocs. D'où proviennent-ils? Ces changements sont dus au champ magnétique terrestre actuel. Dans ce champ, le basalte prend une aimantation induite, d'ailleurs éliminée par la méthode de mesure; mais cette aimantation est ferromagnétique et le champ disparaissant, ou changeant de direction, il reste une aimantation rémanente relativement stable et d'autant plus grande que le champ a agi plus longtemps. Les deux séries suivantes d'essais montrent bien ce phénomène et ils en donnent le mécanisme et l'importance.

1° Cinq blocs, choisis bien aimantés et provenant de trois endroits très différents, ont été disposés dans le champ terrestre leur axe vertical renversé (axe vertical de la roche en place) et abandonnés dans cette position pendant trois jours. Leur moment magnétique étant mesuré, en grandeur et direction, ils sont abandonnés pendant les trois jours suivants axe vertical dans sa position normale et leur moment magnétique est de nouveau étudié. Le tableau qui suit donne pour chaque bloc : la composante verticale Z du moment, en unités arbitraires (millimètres de déviation), le moment M en u. e. m. et les valeurs I et D qu'on déduirait de chaque mesure; la colonne de gauche correspond à la première mesure, celle de droite à la deuxième.

N° du bloc.	Z.		M.		I.		D.	
3....	−27,9	−25,3	1,40	1,32	−48°	−45°	175° E	175° E
9....	+42,1	+44,2	1,64	1,72	+72	+72	23 E	15 E
10....	−16,9	−16,0	0,78	0,76	−53	−51	171 W	172 W
11....	+47,9	+56,8	1,92	2,22	+67	+71	12 E	7 E
12....	+19,2	+23,6	0,91	1,03	+51	+58	11 W	13 W

Pour les cinq blocs on trouve systématiquement, de la première à la deuxième mesure, une augmentation de la composante verticale Z du moment magnétique (comptée positivement vers le bas sur la roche en place), la variation étant de beaucoup supérieure aux erreurs possibles de mesure. Les variations de I et de D peuvent paraître assez faibles, mais il faut remarquer que l'effet important du champ terrestre s'est produit ici

sur la composante verticale Z, forte dans tous les blocs. D'autres positions des blocs dans le champ terrestre pourraient donner des effets plus importants, soit sur I, soit sur D. Par exemple, le bloc 11 conservé dans une position non notée avait, au cours de mesures ayant précédé celles données ci-dessus, présenté les valeurs

$$M = 2{,}37, \qquad I = 60^\circ, \qquad D = 4^\circ E.$$

Il faut observer encore que les effets précédents sont dus à une action de très courte durée : 3 jours.

2° Sur des cylindres taillés dans l'un des blocs, j'ai étudié les propriétés ferromagnétiques d'un basalte; je me contenterai de signaler l'intéressant phénomène de viscosité magnétique qu'il présente. L'un des cylindres, placé depuis plusieurs jours dans la bobine verticale du magnétomètre ([3]), présentait une aimantation longitudinale de 50,3, en unités arbitraires (déviations du magnétomètre). On lui applique alors un champ de 1 gauss; l'aimantation atteint presque instantanément la valeur 79,1, puis elle continue à croître lentement de la façon suivante :

Après	5 min.	1 h.	2 h.	4 h.	8 h.	24 h.	48 h.	72 h.	96 h.
Aimantation totale	79,1	82,2	82,9	84,0	85,5	88,7	90,7	92,0	92,7

Après 4 jours, l'aimantation augmentait encore; le champ 1 gauss est alors supprimé. L'aimantation diminue brusquement d'une quantité à peu près égale à l'augmentation brusque à l'établissement du champ, c'est-à-dire qu'il reste une aimantation rémanente égale à celle acquise lentement. Cette aimantation diminue d'ailleurs peu à peu.

Cette expérience explique bien la première : l'aimantation d'un basalte est troublée de manière durable par action, à froid, d'un champ magnétique même très faible, et l'effet produit dépend de la durée du séjour dans le champ.

Donc les basaltes n'ont pas une aimantation permanente stable, et des essais sur d'autres basaltes d'origine très différente permettent de supposer que c'est un caractère général de ces roches, dû très certainement à leur composition minéralogique (magnétite). Contrairement à ce qu'on a pensé, ces roches ne peuvent probablement pas servir, comme les terres cuites, à des recherches sur les variations dans le temps du champ magnétique terrestre. Il est possible que l'aimantation actuelle n'ait rien à voir

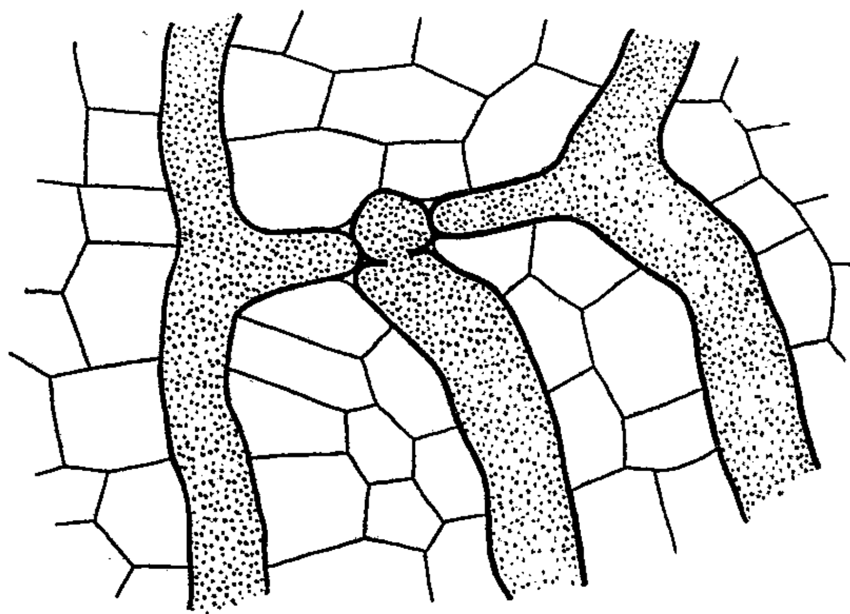
([3]) *Comptes rendus*, 197, 1933, p. 232.

avec l'aimantation prise lors du refroidissement ayant suivi leur épanchement; il est certain, en tout cas, que l'aimantation mesurée représente très mal cette aimantation historique.

ANATOMIE VÉGÉTALE. — *Un nouvel appareil sécréteur à tannoïdes dans le genre* Eupomatia. Note (¹) de M. **Robert Lemesle**, présentée par M. Alexandre Guilliermond.

En examinant le système sécréteur de la tige de l'*Eupomatia Bennettii* F. Müll, nous avons été frappé par l'existence de deux types très différents d'éléments : les uns à huile essentielle, les autres dont le contenu présente les réactions microchimiques des tannoïdes. Jusqu'à présent, cette distinction n'avait jamais été mise en évidence par aucun anatomiste dans le genre *Eupomatia*.

Le premier type est constitué par des cellules iso-diamétriques à huile



Appareil sécréteur à tannoïdes de la moelle de l'*Eupomatia Bennettii* F. Müll. Gr. : 115.

essentielle, assez nombreuses dans le parenchyme cortical, plus rares dans la moelle; leur diamètre varie de 25 à 60$^{\mu}$. Ce caractère structural se retrouve chez diverses familles de Polycarpes.

Le second type est formé par un certain nombre d'éléments répartis d'une part dans le péricycle, d'autre part dans la moelle; leur contenu se colore en noir par le perchlorure de fer et en jaune doré par le molybdate

(¹) Séance du 8 mars 1937.

d'ammoniaque. Il ne s'agit toutefois pas ici de tannins proprement dits, car le réactif de Braemer ne produit, à leur intérieur, aucun précipité caractéristique. Leur contenu se colore en rose par une solution de cyanure de potassium au 1/100e (réaction de l'acide gallique) et prend une teinte orange persistante avec l'hypochlorite de soude (réaction de l'acide ellagique).

Ces constituants du second type, lesquels renferment un mélange de tannoïdes, se font remarquer par leur allongement dans le sens longitudinal. C'est chez les éléments tannifères de la moelle que ce dernier caractère est le plus accentué : tandis que leur diamètre transversal ne dépasse pas 60^{μ}, leur longueur varie en général, dans les tiges adultes, entre 2 et 4^{mm}. Ils présentent l'aspect de tubes légèrement flexueux, lesquels cheminent comme des laticifères vrais, en écartant les membranes des cellules parenchymateuses. Parfois ils émettent latéralement de courtes ramifications. Les extrémités de plusieurs tubes à tannoïdes ou de leurs ramifications convergent souvent les unes vers les autres, sans toutefois se toucher; ces parties terminales restent séparées par une cellule isodiamétrique, en général elle-même tannifère; parfois nous avons remarqué de petites perforations en certains points de contact de cette cellule isodiamétrique avec les extrémités des tubes à tannoïdes.

Le diamètre des cellules tannifères du péricycle varie de 50 à 100^{μ}; mais leur longueur ne dépasse pas 1200^{μ}. Leurs extrémités sont tantôt effilées, tantôt tronquées ou arrondies, parfois renflées. Elles émettent par places, sur les côtés, de courtes protubérances.

La présence de cet appareil sécréteur médullaire et péricyclique constitue un nouveau caractère, lequel se joint à ceux déjà connus pour séparer complètement l'*Eupomatia* des Anonacées, ainsi que des Himantandracées, et en faire l'unique représentant de cette famille si intéressante des Eupomatiacées dont nous avons précédemment signalé les caractères primitifs ([2]).

([2]) R. Lemesle, *Comptes rendus*, 203, 1936, p. 1538.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Sur le métabolisme azoté au cours de la germination du Lupin.* (Lupinus albus *L.*). Note de MM. **Robert Échevin** et **Arthur Brunel**, présentée par M. Marin Molliard.

Les travaux de Fosse et de ses collaborateurs ([1]) ont mis en évidence la formation d'acide urique, d'allantoïne et d'acide allantoïque au cours de la germination du *Trifolium sativum* et du *Melilotus officinalis*. L'un de nous ([2]) a montré récemment que l'allantoïne, l'acide allantoïque et les enzymes, uricase et allantoïnase, sont largement répandus chez les Champignons Basidiomycètes. Les deux uréides glyoxyliques dérivant de l'acide urique, donc des bases puriques, on est amené à se demander quelle est l'importance du rôle joué par ces diverses formes d'azote dans la protéolyse ou la protéogénèse chez les végétaux supérieurs. Quelles sont les variations de ces diverses substances azotées au cours de la germination, en particulier dans les graines où le processus germinatif fait apparaître des quantités massives d'asparagine?

Nous nous sommes adressés au Lupin blanc dont les graines furent ensemencées en pots sur de la sciure de bois humide; les germinations, maintenues à la lumière, à la température du laboratoire, furent récoltées au bout de 27 jours. Le poids sec moyen de 100 graines (privées de leur tégument) était de $44^{g},75$, celui des 100 germinations issues de graines de même poids était de $36^{g},87$.

Dans le tableau ci-dessous sont consignés les résultats des dosages des différentes formes d'azote.

	100 graines renferment mg	100 germinations renferment mg
Azote protéïque	2772	499,7
» non protéïque	465	2457
» total	3237	2956,7
» de l'ammoniac	33,3	32,9
» de l'asparagine	26,8	990,5
» purique	46,3	78,4
» de l'acide urique	1,9	1,4
» de l'allantoïne	0,2	4,1
» de l'acide allantoïque	1,0	10,3
» de l'urée	0	0

([1]) R. Fosse, P. De Graeve et P. E. Thomas, *Comptes rendus*, 196, 1933, p. 883; 196, 1933, p. 1264; P. De Graeve, *Comptes rendus*, 204, 1937, p. 445.

([2]) A. Brunel, *Thèse Doct. Sc.*, Paris, 1936.

On constate tout d'abord qu'au cours de la germination il se produit une perte d'azote, qui s'élève à 8,6 pour 100 de l'azote total de la graine. La plus grande partie de l'azote de la graine (86 pour 100) est sous forme de protides; au contraire, dans les germinations, 83 pour 100 de l'azote est passé à l'état soluble.

La dégradation des nucléoprotéides est mise en évidence par l'augmentation très nette, dans les germinations, de l'azote purique et des formes qui en dérivent par voie enzymatique : acide urique, allantoïne et acide allantoïque; en effet, ces formes d'azote s'élèvent dans les graines à $49^{mg},4$, tandis qu'elles passent à $94^{mg},2$ dans les germinations.

Les graines et les germinations ne renferment pas trace d'urée.

L'apparition ou la disparition de l'acide urique, de l'allantoïne, de l'acide allantoïque et de l'urée est liée à la présence des enzymes uricase, allantoïnase, allantoïcase et uréase.

Dans le tableau suivant sont indiquées les activités enzymatiques des graines et des germinations; les chiffres représentent en milligrammes les quantités de substances transformées dans des conditions optima que nous préciserons dans un mémoire ultérieur.

	Activité enzymatique	
	des graines.	des germinations.
Uricase	non décelable	3,6
Allantoïnase	24	214,7
Allantoïcase	non décelable	non décelable
Uréase	1000	315

L'activité uricolytique de la graine n'est pas mesurable mais l'uricase apparaît dans les germinations.

Pendant la germination la teneur en allantoïnase augmente d'une façon considérable; son activité qui est de 24 pour les graines passe à 214 dans les germinations.

L'allantoïcase ([2]), hydrolase qui scinde l'acide allantoïque en urée et acide glyoxylique, n'existe ni dans les graines ni dans les germinations.

L'évolution de l'uréase est inverse de celles de l'uricase et de l'allantoïnase, l'activité uréolytique diminue pendant la germination.

De ces résultats il ressort que, dans une graine telle que celle du Lupin, où la désintégration des protéides au cours de la germination aboutit à la formation d'une quantité considérable d'asparagine (l'azote de l'asparagine atteint 33,8 pour 100 de l'azote total), la dégradation des nucléoprotéides aboutit, elle, à l'acide allantoïque; cet uréide, par suite de l'absence d'allantoïcase, paraît être le terme ultime de la dégradation des nucléines.

L'azote des composés puriques n'interviendrait donc pas dans la formation de l'asparagine. Nous avons établi, d'autre part, la présence d'allantoïne et l'absence totale d'urée à la fois dans les graines et dans les germinations de *Lupinus albus*.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Quelques facteurs de la chute prématurée des fruits chez le Lierre* (Hedera Helix *L.*). Note de M. **Roger Ulrich**, présentée par M. Marin Molliard.

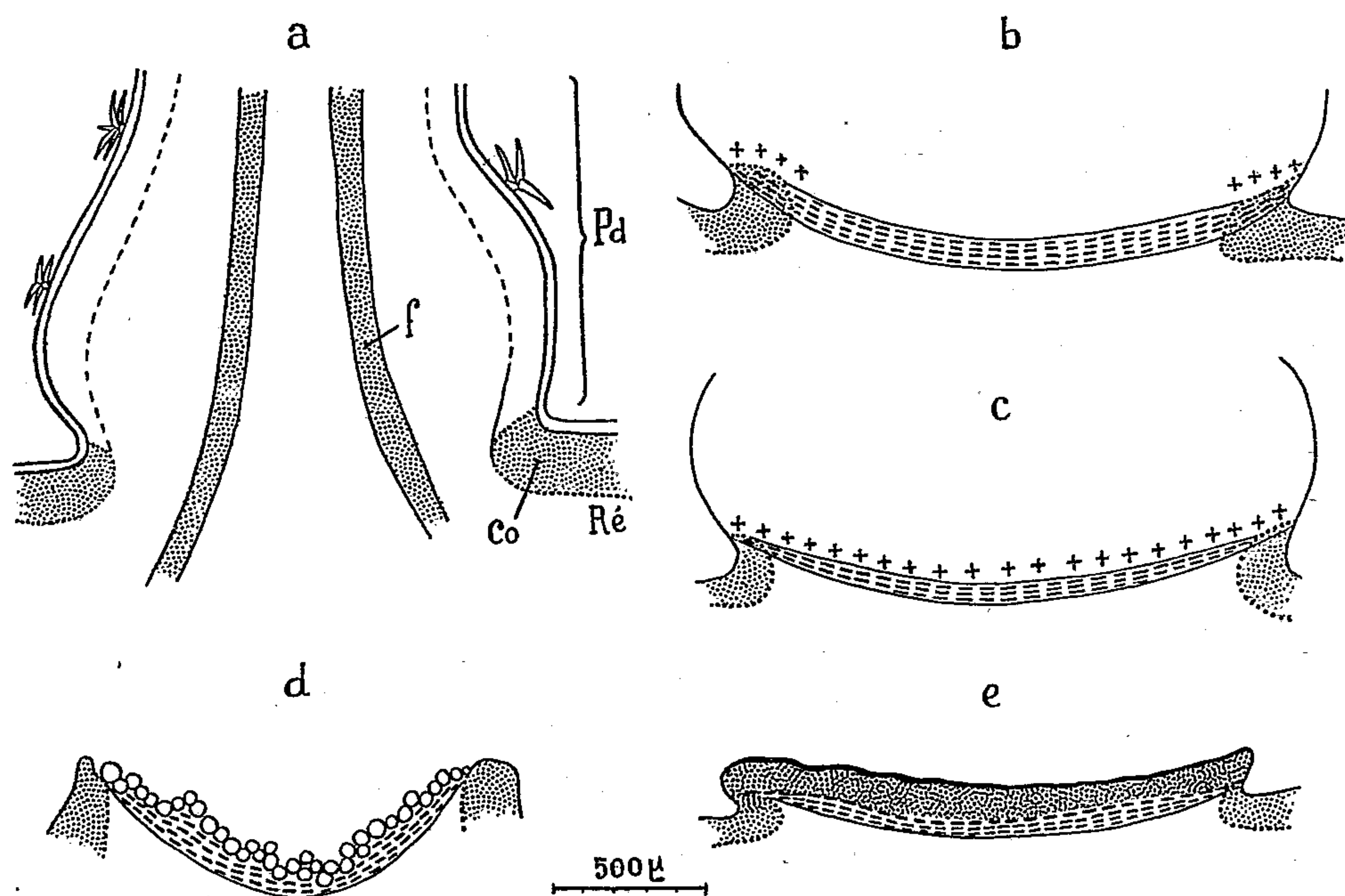
Au cours de recherches antérieures sur la cicatrisation des blessures (1), j'ai observé que les traumatismes effectués sur les jeunes fruits de Lierre entraînent généralement leur chute prématurée. J'ai cherché depuis à préciser sur le même matériel les conditions et le mécanisme de la séparation des jeunes fruits. Des nombreuses expériences et observations effectuées jusqu'à ce jour, il est possible de tirer les conclusions qui suivent.

En pratiquant des coupes longitudinales dans le pédicelle d'un fruit et, simultanément, dans le réceptacle de l'ombelle, on peut étudier les étapes de la disjonction de ces deux organes. Le tissu séparateur qui prépare la chute du fruit est situé au voisinage de l'articulation (2) du pédicelle sur le réceptacle. Cette dernière est marquée par un étranglement suivi, dans la direction du fruit, d'un renflement du pédicelle (*fig. a*, Pd). Peu de temps avant la chute, on peut observer, dans le parenchyme voisin du plan de l'étranglement, des divisions récentes; les membranes nouvelles indiquées sur les figures par des tirets parallèles, sont perpendiculaires à l'axe du pédicelle (*fig. b*). Cette zone de cellules jeunes, réfringente et hyaline, est creusée en forme de verre de montre : c'est le tissu séparateur. Lorsque la chute est imminente, le fruit est encore retenu au réceptacle par les vaisseaux ligneux. Les cellules turgescentes de la zone séparatrice se repoussent les unes les autres comme pour détacher le fruit de son support. Les vaisseaux se fragmentent souvent; leur spirale lignifiée est parfois déroulée comme dans les méristèmes cicatriciels, sous l'influence de l'étirement dû aux cellules-mères voisines. Le pédicelle présente souvent à sa

(1) *Thèse Sc. Nat.*, Paris, 1936, p. 15.

(2) Expression de Lecomte, *Les articulations florales* (*Nouv. Arch. du Mus.*, 5e série, 2, 1910, p. 122).

base, au contact des cellules séparatrices, une couche de cellules lignifiées représentées par des croix sur les figures *b* et *c*. A ce stade de la différenciation, une légère secousse suffit pour faire tomber le fruit. Les cellules qui restent à la surface du réceptacle après la chute grossissent fréquem-



Évolution de la région séparatrice.
En grisé clair : collenchyme (Co) et faisceaux vasculaires (*f*).

ment; elles forment une sorte de cal (*fig. d*). La région séparatrice renferme des composés oxyflavoniques ainsi que des sucres solubles reconnaissables sur les coupes grâce aux réactions de Fehling et de Molisch. Dans les cellules du cal, on peut trouver de l'amidon. Après la chute du fruit, les cellules les plus externes du réceptacle meurent et leurs membranes se plissent. Puis la blessure cicatrise normalement : un phellogène apparaît dans le méristème séparateur et engendre plusieurs couches de liège (en grisé sombre sur la figure *e*).

Le mécanisme de la chute est identique pour tous les jeunes fruits de 4^{mm} à 6^{mm} de diamètre environ; quant aux gros fruits sphériques (8-10^{mm}), verts ou noirs suivant le degré de maturité, leur pédicelle ne se détache généralement pas du réceptacle.

Au moment de la chute, on peut vérifier par des colorations vitales que

de très nombreuses cellules sont encore vivantes dans le péricarpe et le pédicelle.

La séparation des fruits s'effectue suivant les mêmes étapes dans la nature et sur des rameaux isolés alimentés en eau. En plaçant ces derniers dans des conditions variées, j'ai observé que la chute est accélérée par un séjour à 20° ou 30°, par la sécheresse de l'atmosphère et par les blessures effectuées sur les fruits. Les facteurs qui stimulent les réactions séparatrices sont donc ceux qui activent le transit d'eau à travers les tissus.

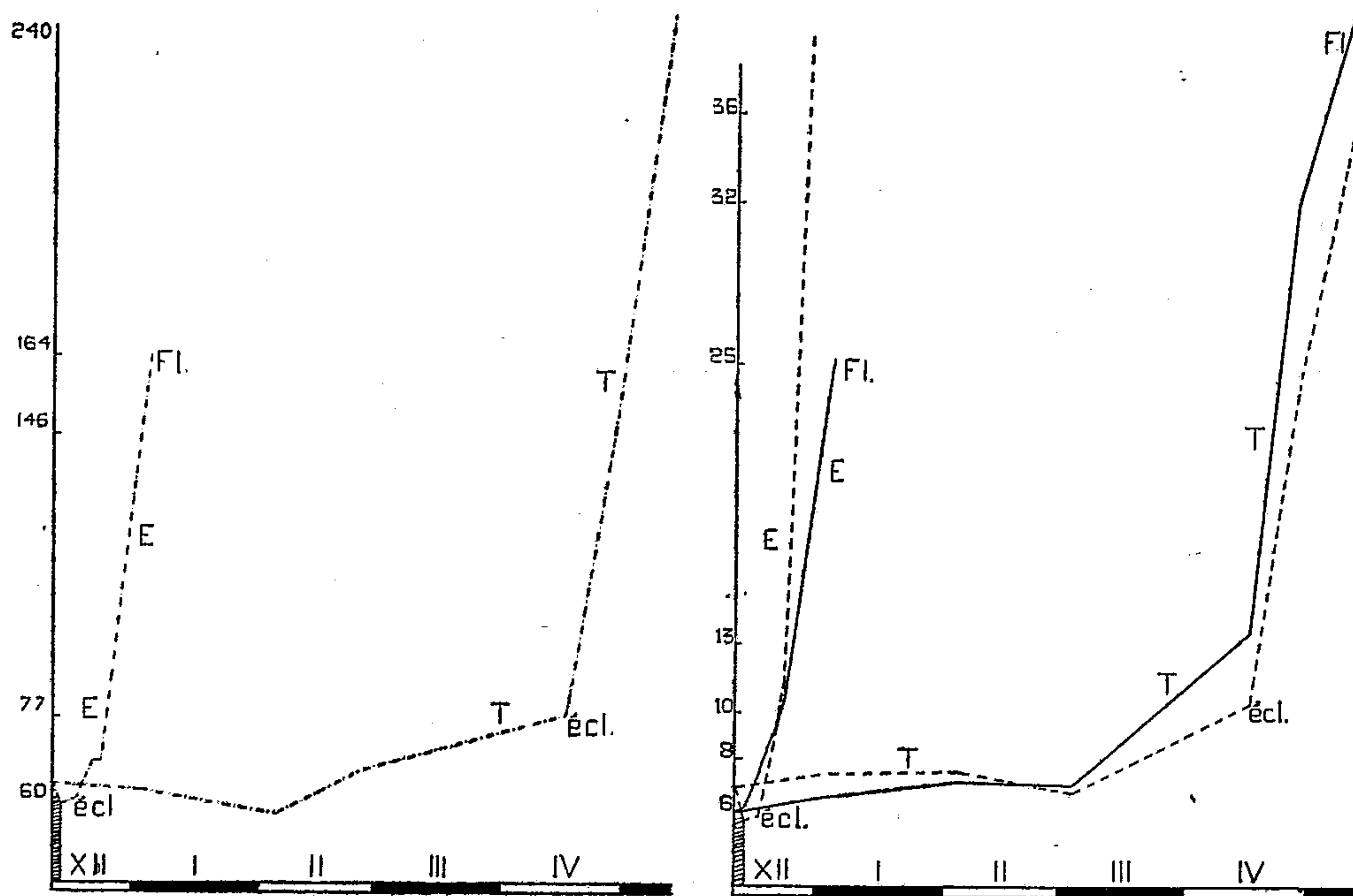
PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Évolution de diverses formes de phosphore chez le Muguet forcé.* Note de M. **Robert Quetel**, présentée par M. Marin Molliard.

J'ai étudié (¹) l'influence du forçage à la vapeur d'éther sur le métabolisme azoté des bourgeons de Muguet et j'ai indiqué que le séjour dans l'anesthésique n'influe pas immédiatement sur la teneur en azote de ces bourgeons. Or on sait que les tissus traités par l'éther subissent des modifications dans la perméabilité de leurs cellules; s'il est vrai que la membrane ectoplasmique est constituée surtout d'un complexe lécithoprotéique, l'étude des lécithides pourrait peut-être jeter quelque clarté sur la question de l'influence de l'éther au cours du forçage. Rappelons, d'autre part, l'hypothèse de Terroine selon laquelle le phosphore lipidique, tel qu'il est extrait par la technique de Kuma-Gawa serait, chez les végétaux, engagé entièrement dans la molécule de lécithide. Quelle sera donc l'évolution du phosphore des lécithides par rapport à celle des autres formes de phosphore pendant le cours du développement d'une plante forcée, étudiée en comparaison avec une plante de la même espèce cultivée en plein air ?

Pour résoudre cette question, j'ai entrepris une série de dosages sur des bourgeons de Muguet forcés exactement dans les mêmes conditions et à la même époque que lors de mes précédentes expériences (¹). J'ai suivi la technique employée par Échevin et Michel-Durand sur des plantes supérieures : épuisement par l'éther-benzène après extraction alcoolique au Kuma-Gawa. Le résidu d'évaporation de la solution éthéro-benzénique renferme le phosphore lipidique; il est minéralisé, puis soumis au dosage selon Copaux. La fraction de substance extraite par l'alcool et insoluble

(¹) *Comptes rendus*, 202, 1936, p. 2096.

dans l'éther-benzène renferme du phosphore que j'ai dosé séparément sous le nom de phosphore résiduel. J'ai appelé phosphore insoluble tout le phosphore encore contenu dans les tissus qui ont subi l'épuisement alcoolique. Les résultats de ces dosages, exprimés en milligrammes de phosphore pour 100 bourgeons (ou pour 100 plantes issues de ces bourgeons), sont exprimés par les deux graphiques ci-dessous.



Région ombrée = durée de séjour dans la vapeur d'éther (48 h.). Traits pleins = P lipidique. Pointillés = P résiduel. Traits mixtes = P insoluble. I, II, représentent les mois de culture. T = plantes témoin. E = plantes éthérisées. Écl = éclosion des bourgeons. Fl = floraison.

Chez les plantes éthérisées, on constate, dès la sortie des enceintes de forçage, un léger accroissement du phosphore lipidique. Celui-ci augmente rapidement au cours du séjour en serre et acquiert à la floraison cinq fois environ sa valeur initiale. Quant aux phosphores résiduel et insoluble, ils subissent une légère baisse initiale suivie d'un relèvement qui se produit un peu avant le départ des bourgeons. Ce relèvement s'accentue très rapidement pendant la croissance des plantes éthérisées pour atteindre à la floraison sa valeur maxima.

Chez les bourgeons des plantes cultivées en plein air, nous observons une évolution analogue, quoique beaucoup plus lente, des trois formes de

phosphore : montée très accusée en cours de croissance, légère baisse initiale du phosphore résiduel et du phosphore insoluble, moins importante que celle observée chez les plantes éthérisées.

Remarquons encore qu'au moment de la floraison, les témoins présentent des teneurs en phosphores lipidique et insoluble bien plus élevées que celles des plantes forcées. C'est le contraire pour ce qui concerne le phosphore résiduel. En effet, celui-ci présente, au moment de la floraison des plantes forcées, neuf fois environ sa valeur initiale, cinq fois seulement au moment de la floraison des plantes témoin. Peut-être cet excès dans la production du phosphore résiduel est-il lié à une activité respiratoire accrue par la température de la serre.

Si nous rapprochons maintenant tous ces résultats de ceux que nous a fournis l'étude du métabolisme azoté dans les mêmes conditions expérimentales, nous observons dans les variations de l'azote et du phosphore un parallélisme assez étroit : on trouve notamment chez les plantes éthérisées une accumulation prépondérante d'azote soluble au moment de la floraison; or le phosphore résiduel, nous venons de le voir, évolue de la même manière. Dans l'ensemble, les variations relatives des différentes formes de phosphore se montrent beaucoup plus accusées que celles de l'azote, tout en portant sur des quantités absolues plus faibles.

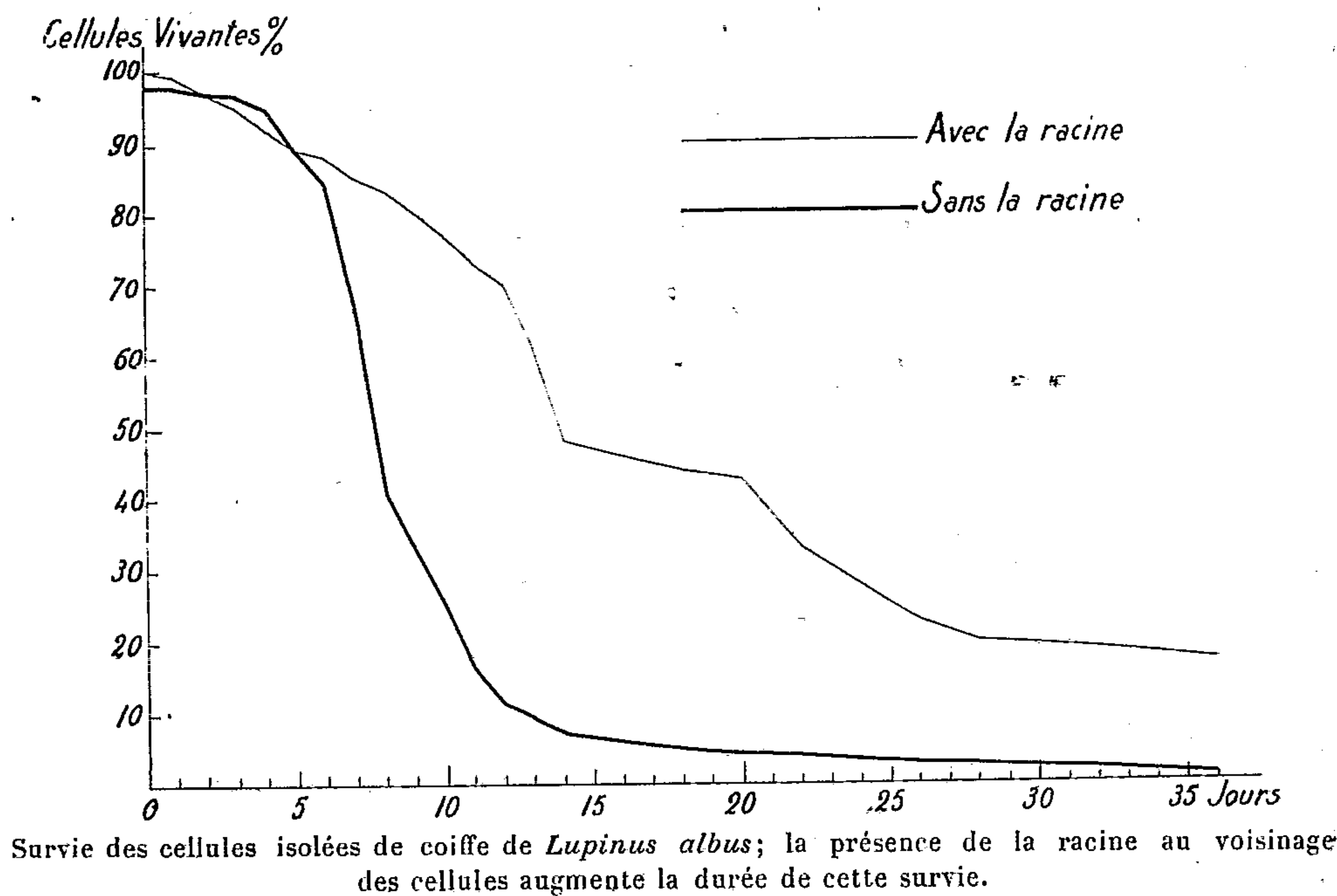
Quant à l'influence immédiate de l'éthérisation, de nouvelles recherches indiqueront si l'on doit tenir compte de la légère augmentation de phosphore lipidique constatée chez les bourgeons dès leur sortie des enceintes de forçage.

CYTOPHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Action de la racine sur la survie des cellules isolées de coiffe de* Lupinus albus. Note de M. **Roger Gautheret**, présentée par M. Alexandre Guilliermond.

Au cours de nos recherches antérieures sur la culture des tissus, nous avons étudié la survie des cellules détachées de la coiffe. Si l'on cultive ces éléments dans un milieu glucosé, ils peuvent accumuler de l'amidon, s'accroître et survivre pendant un temps assez long, mais leur degré de différenciation ne leur permet pas de se multiplier. Le but de nos présentes recherches est de déterminer si cette survie des cellules de coiffe est influencée par le voisinage de la racine. Nous avons opéré sur *Lupinus albus*, pour des raisons de commodité. La technique a consisté à trans-

porter une racine isolée sur de la gélose nutritive (liquide de Knop gélosé, additionné ou non de 2 pour 100 de glucose) contenue dans une boîte de Petri. Dans ces conditions, la racine s'accroît lentement et son méristème abandonne des cellules de coiffe; celles-ci demeurent enrobées dans la gélose et sont ainsi maintenues au voisinage de la racine. Au bout de quelques jours, nous avons repéré dans chaque culture quelques centaines de cellules au moyen de traits tracés sur le fond des boîtes de Petri.

Nous avons alors enlevé les racines d'un certain nombre de cultures réalisant ainsi deux lots; l'un ne comportant que des cellules isolées,



Survie des cellules isolées de coiffe de *Lupinus albus*; la présence de la racine au voisinage des cellules augmente la durée de cette survie.

l'autre constitué de cellules demeurant au voisinage de la racine. L'étude comparative de ces deux séries de cultures nous a montré que le voisinage de la racine favorise la formation d'amidon par les cellules de coiffe ainsi que leur croissance, dans le cas où le milieu renferme du glucose. En outre, la présence de la racine dans le milieu de culture augmente la survie des cellules de coiffe ainsi que l'indique le graphique ci-dessus : le pourcentage de cellules vivantes diminue moins vite si la racine est laissée dans la gélose (trait mince) que lorsque les cellules demeurent seules dans le milieu (trait épais); ce dernier renfermait dans le cas présent 2 pour 100 de glucose. La

distinction entre les cellules vivantes et les cellules mortes est très facile. Les premières sont réfringentes et montrent un cytoplasme transparent; quant aux cellules mortes leur protoplasme coagulé offre un aspect particulier. D'ailleurs à coté de cellules mortes naturellement, à cause sans doute d'une nutrition déficiente, il en est d'autres qui ont subi une sorte d'éclatement, vraisemblablement dû à un excès de turgescence; ce dernier phénomène ne se manifeste que dans les milieux sucrés. La membrane des cellules éclatées montre une fissure par laquelle une partie du protoplasme s'est échappée.

L'influence de la racine sur la survie des cellules de coiffe ne semble pas être liée à la croissance de cet organe; c'est ainsi que cette action est plus nette à 15° qu'à 25° bien que les basses températures inhibent le développement des racines isolées. D'autre part, si la racine provient d'une plantule développée dans de l'air humide, son action sur les cellules de coiffe est plus marquée que s'il s'agit d'une racine prélevée sur une graine ayant germé dans de l'eau. Ceci paraît indiquer que cette propriété de la racine de *Lupinus albus* est liée à la présence dans cet organe d'une substance diffusible qui est éliminée si les tissus se trouvent au contact d'un milieu aqueux.

En outre, si le milieu est dépourvu de sucre, l'influence de la racine sur la survie des cellules de coiffe ne peut être constatée que si celle-ci provient d'une graine ayant germé dans de l'air humide. Si la plantule s'est développée dans l'eau, sa racine après avoir été isolée continue à pousser faiblement aux dépens des réserves qu'elle contient, mais son action sur la survie des cellules de coiffe devient presque nulle.

Cela montre que la synthèse de cette substance hypothétique peut être réalisée par une racine isolée cultivée sur un milieu glucosé.

En résumé, nos expériences démontrent d'une manière très nette que la racine de *Lupinus albus* agit sur les cellules isolées de coiffe maintenues dans son voisinage. Cette action qui paraît être due à une sécrétion de substances se traduit dans les conditions que nous avons précisé, par une plus grande accumulation d'amidon, par un accroissement plus important et par une augmentation très sensible de la survie moyenne des cellules isolées.

CHIMIE VÉGÉTALE. — *Le leucænol, principe défini retiré des graines de* Leucæna glauca *Benth.* (*Légumineuses Papilionacées*). Note de M. **Marcel Mascré**, présentée par M. Maurice Javillier.

Les solutions aqueuses d'épuisement des graines de *Leucæna glauca* Benth. donnent, avec le perchlorure de fer, une coloration bleue violacée intense. Le principe qui donne cette réaction peut être extrait par l'alcool, dans lequel il est cependant moins soluble que dans l'eau; il ne peut être extrait ni par l'éther, ni par le chloroforme, ni par le benzène.

Nous l'avons préparé par la méthode suivante :

Les graines, pulvérisées, sont épuisées par l'eau distillée bouillante. Les liqueurs obtenues sont visqueuses, plus ou moins colorées en rouge orangé, moins colorées lorsqu'on opère en présence d'un peu de bisulfite de sodium. On ajoute à la liqueur aqueuse quatre à cinq fois son volume d'alcool à 95°. On sépare, par filtration rapide sur une gaze, l'abondant précipité de mucilage qui s'est formé. Les solutions sont distillées et concentrées à consistance sirupeuse. Il se forme un dépôt cristallin que l'on recueille après plusieurs jours. Les produits obtenus, entièrement cristallisés, présentent une coloration qui varie du blanc rosé au rose chair; ils laissent à la calcination un résidu de 1 à 2 pour 100. Ils constituent le *leucænol* brut, dont le rendement est de l'ordre de 2 pour 100.

On purifie le produit par cristallisations répétées dans l'eau; aucun autre solvant n'a donné jusqu'ici de meilleurs résultats. Nous n'avons pu obtenir de leucænol absolument exempt de matières minérales; les produits les plus purs donnent encore de 0,50 à 1,50 pour 1000 de cendres. Ils ne renferment ni soufre, ni phosphore. La substance fond en se décomposant et en laissant un résidu goudronneux; les PF de divers échantillons sont 283°-285°, 284°-286°, 285°-287°.

Quatre microcombustions, faites sur quatre produits différents renfermant de 0,50 à 1 pour 1000 de cendres, ont donné les résultats suivants :

	C.	H.	N.	O (par différence).
I.	48,6	4,98	14,35	32,07
II.	48,3	4,49	13,95	33,2
III.	48,15	4,924	13,98	32,95
IV.	47,56	5,03	13,48	33,93

Trouvé (en moyenne)..... $C = 48,15$ $H = 4,856$ $N = 13,94$ $O = 33,04$
Calculé pour $C^4H^5O^2N$... $C = 48,48$ $H = 5,05$ $N = 14,14$ $O = 32,67$

On peut donc considérer, dès maintenant, le leucænol comme un produit

défini, cristallisé, de formule $C^4H^5O^2N$ ou un multiple de celle-ci. En raison de son insolubilité ou de son insuffisante solubilité dans les solvants usuels et dans le camphre, on n'a pu encore déterminer son poids moléculaire.

Le leucænol n'a pas de pouvoir rotatoire.

Il est soluble, à l'ébullition, dans 100 à 110 parties d'eau distillée; à la température ordinaire dans 500 à 600 parties. Il est très peu soluble dans l'alcool à 95°, plus soluble dans les alcools de titre plus faible. Il est insoluble dans l'acétone, l'éther, le chloroforme, le benzène. La solution aqueuse à saturation a un $pH = 4,6\text{-}4,8$.

La solubilité du leucænol dans l'eau est accrue par les acides, les alcalis, la baryte, le carbonate de sodium; elle est légèrement augmentée par le bicarbonate de sodium, avec lequel on observe un dégagement lent de CO^2, ce qui laisse supposer la présence d'un carboxyle. L'ébullition avec l'eau en présence de CO^3Ca ou de CO^3Ba donne une solution renfermant Ca ou Ba.

La coloration donnée par le leucænol avec Cl^3Fe est extrêmement sensible; on l'observe encore avec 2 gouttes de solution à 1 pour 1000. Bleue violacée en milieu acide, elle vire au rouge Porto par alcalinisation. Le réactif phosphomolybdique de Folin et Denis donne une coloration bleue. D'après ces réactions, comme d'après certaines de ses solubilités, le leucænol posséderait donc la fonction phénol.

Il donne avec le ninhydrine une réaction positive; avec l'acide sulfanilique, le nitrite de sodium et l'ammoniaque, une coloration rouge. Il renfermerait donc le groupement NH^2.

La solution à 3 pour 100 dans l'acide chlorhydrique dilué précipite par les acides silicotungstique et phosphotungstique; elle ne précipite pas les réactifs de Mayer, de Bouchardat, ni la solution d'acide picrique. La solution aqueuse saturée ne précipite pas l'acide silicotungstique; elle donne, avec l'acide phosphotungstique, un précipité soluble dans un excès de réactif.

Le leucænol ne réduit pas la liqueur cupro-alcaline; il réduit le nitrate d'argent ammoniacal à chaud, le permanganate de potassium à froid.

Conclusions. — Le *leucænol* apparaît donc comme un principe cristallisé défini, de formule $(C^4H^5O^2N)^n$, dans lequel existeraient la fonction phénol, la fonction amine et, peut-être, le groupement carboxyle. Il ne paraît correspondre à aucun des principes amino-phénoliques actuellement connus chez les végétaux.

EMBRYOGÉNIE VÉGÉTALE. — *Embryogénie des Amarantacées. Développement de l'embryon chez l'*Amarantus retroflexus *L.* Note de M. **René Souèges**, présentée par M. Pierre-Augustin Dangeard.

J'ai rencontré, chez l'*Amarantus retroflexus*, deux types de proembryons octocellulaires, engendrés par bipartitions des quatre éléments d'une tétrade linéaire (*fig.* 2) et comportant, l'un six étages cellulaires avec deux dyades terminales (*fig.* 4), l'autre sept étages avec deux cellules supérieures juxtaposées et six cellules inférieures superposées (*fig.* 5). Exceptionnellement sont apparues des formes plus âgées, sans doute aberrantes, qui peuvent être rapportées soit à un type octocellulaire à cinq étages présentant trois dyades terminales et semblable par conséquent à celui qui s'observe généralement chez le *Chenopodium Bonus-Henricus* ([1]), soit à un type octocellulaire à huit cellules superposées, analogue à celui qui se rencontre chez certains *Solanum* ([2]).

Au type octocellulaire à six étages (*fig.* 4), issu de la segmentation longitudinale des deux cellules supérieures de la tétrade, se rattachent les formes représentées en 6, 7, 9 10, et 11 : les deux éléments juxtaposés de l'étage *l'* donnent, en ce cas, quatre cellules circumaxiales, précédant quelque peu dans leurs divisions les deux éléments de l'étage *l* qui produisent également quatre cellules circumaxiales. Au proembryon octocellulaire à sept étages, résultant de la segmentation verticale de la cellule terminale seule de la tétrade, se rapportent la forme de la figure 8 et probablement aussi celles des figures 12 et 13; dans ce cas, les deux cellules superposées, dérivées de *l'*, se divisent à peu près en même temps pour donner chacune quatre cellules circumaxiales, tandis que l'élément *d*, placé au-dessous, se divise de même, d'abord en deux éléments juxtaposés (*fig.* 8), puis en quatre cellules pareillement disposées autour de l'axe (*co*, *fig.* 12 et 13).

A partir des stades représentés par les figures 11 à 13, c'est-à-dire quand il s'est différencié au sommet du proembryon trois étages de quatre cellules circumaxiales, on ne peut reconnaître l'origine de ces étages, rapporter avec certitude les formes dans lesquelles ils s'observent à l'un ou à l'autre des deux types octocellulaires des figures 4 et 5. Les processus de division de ces étages et leurs destinées paraissent les mêmes dans les deux cas. L'étage *l* représente la partie cotylée; l'étage subterminal *t* correspond à la moitié supérieure de l'axe hypocotylé et l'étage *r* à la moitié inférieure de ce même axe. Les divisions se succèdent, comme le montrent les figures 14 à 20, selon des règles tout à fait comparables à celles qui ont été décrites au sujet du *Cheno-*

([1]) R. Souèges, *Bull. Soc. bot. Fr.*, 67, 1920, p. 233.
([2]) R. Souèges, *Bull. Soc. bot. Fr.*, 69, 1922, p. 163.

podium Bonus-Henricus. En *r* toutefois, la séparation des initiales de l'écorce de la racine (*iec*, *fig.* 15 à 18) se produit le plus souvent directement, après différenciation du dermatogène, par cloisonnement transversal des quatre cellules intérieures.

Ainsi la moitié inférieure de l'hypocotyle, celle qui est appelée à pro-

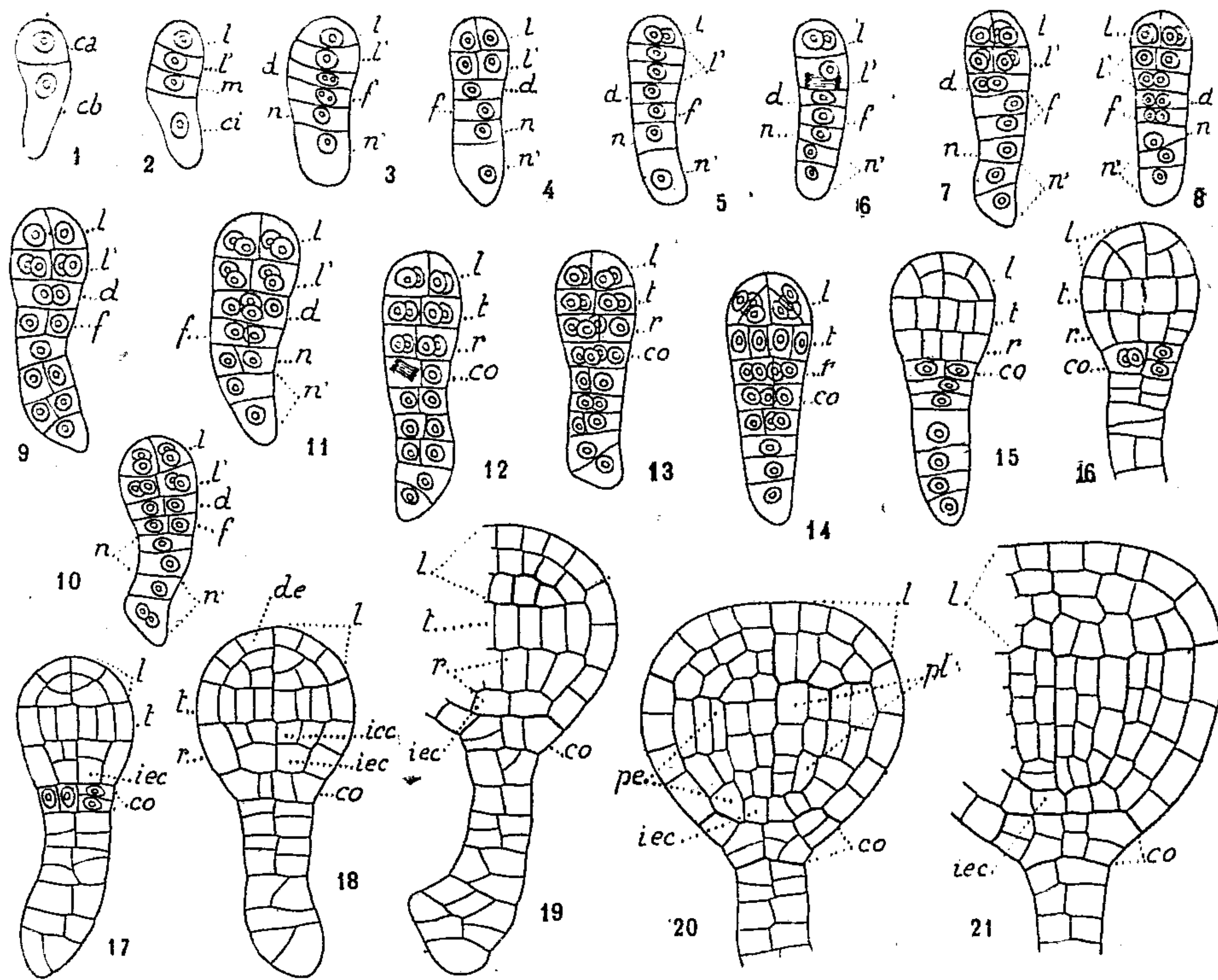


Fig. 1 à 21. — *Amarantus retroflexus* L. — Les principaux termes du développement de l'embryon. *ca* et *cb*, cellule apicale et cellule basale du proembryon bicellulaire; *l*, *l'* *m* et *ci*, les quatre éléments de la tétrade ou les groupes cellulaires qui en dérivent; *d* et *f*, cellules-filles de *m*; *n* et *n'*, cellules-filles de *ci*; *t*, primordium de la tige hypocotylée; *r*, primordium de la racine; *icc*, initiales de la stèle de la racine; *iec*, initiales de l'écorce de la racine; *co*, partie centrale de la coiffe; *de*, dermatogène; *pe*, périblème; *pl*, plérome. G. = 370.

duire la racine, tirerait origine de la cellule *d*, quand cette cellule appartient à un proembryon octocellulaire à six étages (*fig.* 4); elle proviendrait de la cellule-fille inférieure de *l'*, quand il se constitue d'abord un proembryon octocellulaire à sept étages (*fig.* 5). Dans le premier cas, *d* étant petite-fille de la cellule basale du proembryon bicellulaire, cette dernière cellule participe à la construction de l'embryon comme chez le *Chenopodium Bonus-Henricus;* dans le deuxième cas, *d* donne seulement le pri-

mordium de la coiffe et les lois du développement sont en tous points semblables à celles qui s'observent chez les Solanacées.

L'embryon de l'*Amarantus* permet de la sorte d'établir le passage entre l'embryon des Chénopodiacées et celui des Solanacées. La seule direction, longitudinale ou transversale, de la paroi de segmentation dans l'élément *l'* de la tétrade, décide de processus de développement qui seront conformes à ceux de l'une ou de l'autre des deux familles. On voit aussi par là quelle peut être la signification du polymorphisme des formes embryonnaires, quand il dépend de la diversité de la direction des parois dans des blastomères qui ont à jouer un rôle essentiel.

GÉNÉTIQUE. — *Un nouveau cas de dédoublement chromosomique chez un hybride d'*Iris pogocyclus, I. Ricardii *Hort. var.* Leverrier *Hort.* × I. Iberica *Hoffm.* Note de M. **Marc Simonet**, présentée par M. Louis Blaringhem.

Nous avons signalé l'existence de plusieurs cas de dédoublement chromosomique chez les hybrides d'Iris. Ainsi se comportent les *I. Ambassadeur* (Vilm.), *Magnifica* (Vilm.) et *Ibmac* (V. Tubergen) dans lesquels la garniture chromosomique, qui a servi de contribution maternelle, a gardé dans l'œuf le nombre somatique ($2n$) au lieu de présenter le nombre haploïde normal (n). La présente Note a pour objet de faire connaître un cas observé par nous chez l'hybride *I. Ricardii* Hort. var. *Leverrier* Hort. × *I. Iberica* Hoffm., réalisé par F. Denis.

Ce croisement a été effectué entre parents appartenant à des groupes botaniques et chromosomiques différents : le premier est (¹) une variété triploïde ($3n$) à $2n = 36$ de l'*I. Ricardii*, lui-même tétraploïde ($4n$) à $2n = 48$, de la section des *Grands Iris pogoniris* (à graines sans arille); le second est une espèce *Oncocyclus* (à graines avec arille) à $2n = 20$ et $n = 10$. Les chromosomes somatiques de ces deux plantes offrent aussi des différences de forme : il existe 6 chromosomes en V chez l'*I. Leverrier*, alors que l'*I. Iberica*, comme tous les *Oncocyclus*, ne possède que des chromosomes droits, dont 8 très grands. L'*I. Ricardii Leverrier* × *Iberica* est à $2n = 46$. Or, ce nombre ne correspond pas du tout, comme il se devrait pourtant, à la somme des garnitures chromosomiques haploïdes des

(¹) *Bull. Biol. France et Belgique*, 66, 1932, p. 255-444.

parents, mais bien exactement à celle que donne l'addition anormale d'un complément diploïde de l'*I. Leverrier* avec un stock haploïde de l'*I. Iberica* ($2n = 36$ et $n = 10 : 2n = 46$).

Ce processus est confirmé par l'identification minutieuse des chromosomes somatiques que nous avons faite chez l'hybride : la totalité des chromosomes en forme de V de la plante-mère est retrouvée, alors qu'il n'existe que quatre très grands éléments droits d'origine paternelle. Il s'ensuit ou bien que la contribution maternelle est bien anormalement diploïde, ou bien que les chromosomes de l'un et l'autre parent ont gardé leur entière individualité dans l'hybride.

La réduction chromatique montre de grandes irrégularités : à la métaphase hétérotypique il existe des éléments univalents, bivalents et trivalents arrangés de la manière suivante : $6_{\mathrm{III}} + 5_{\mathrm{II}} + 18_{\mathrm{I}}$, $6_{\mathrm{III}} + 6_{\mathrm{II}} + 16_{\mathrm{I}}$, $6_{\mathrm{III}} + 8_{\mathrm{II}} + 12_{\mathrm{I}}$, $5_{\mathrm{III}} + 8_{\mathrm{II}} + 15_{\mathrm{I}}$, $4_{\mathrm{III}} + 9_{\mathrm{II}} + 16_{\mathrm{I}}$, $3_{\mathrm{III}} + 11_{\mathrm{I}} + 15_{\mathrm{I}}$, $3_{\mathrm{III}} + 10_{\mathrm{II}} + 17_{\mathrm{I}}$. D'une manière générale, les éléments conjugués sont placés en plaque équatoriale, alors que les chromosomes univalents, parmi lesquels se trouvent les quatre grands éléments de l'*I. Iberica*, sont irrégulièrement répartis au centre des cellules-mères des grains du pollen. A l'anaphase les gemini se disjoignent, émigrent vers les deux pôles de l'image caryocinétique, tout en subissant un clivage longitudinal; à ce moment, la plupart des monovalents voisins de l'équateur se disposent plus ou moins régulièrement sur un même plan entre les deux stocks de chromosomes anaphasiques pour former une seconde plaque équatoriale, pour se diviser ensuite et se diriger enfin vers les deux pôles du fuseau en subissant un nouveau clivage longitudinal.

La seconde division de maturation est normalement équationnelle, mais les irrégularités de la première division en troublent profondément le mécanisme. Deux plaques homéotypiques sont formées avec, en plus, les chromosomes demeurés dans le cytoplasme lors de la première division de maturation. Si, à l'anaphase hétérotypique, des chromosomes univalents ne se sont pas divisés, les combinaisons observées donnent dans chacune des cellules le nombre diploïde de chromosomes noté chez l'hybride : $18 + 27 + 1$, $20 + 24 + 1 + 1$, $19 + 22 + 3 + 2$; dans le cas contraire, le nombre observé est accru, d'où les combinaisons suivantes : $21 + 21 + 3 + 2$, $23 + 23 + 2$, $24 + 25 + 2$, $28 + 18 + 1$, $20 + 26 + 2$, etc. A l'anaphase, tous les chromosomes paraissent se diviser; ceux restés isolés dans le cytoplasme donneront naissance à des micronuclei surnuméraires, ce qui fait, qu'au stade tétrade, les cellules-mères contiennent jusqu'à 8 micro-

spores au lieu de 4. Le pollen ne contient plus alors que 50 à 60 pour 100 de grains bien conformés.

Les phénomènes méiotiques que nous venons de décrire présentent une particularité fort intéressante : en éliminant les 10 chromosomes de l'*I. Iberica*, qui restent tous univalents, la conjugaison observée est à peu près identique à celle de l'*I. Leverrier*, forme triploïde, chez lequel existe aussi des éléments univalents et multivalents : $6_{III}+4_{II}+10_{I}$, $6_{III}+5_{II}+8_{I}$, $3_{III}+9_{II}+9_{I}$, $5_{III}+6_{II}+9_{I}$, $4_{III}+9_{II}+5_{I}$.

C'est donc un nouvel exemple d'accouplement chromosomique par autosyndèse corrélatif, à l'état diploïde, dans lequel se trouve être la garniture chromosomique de l'*I. Leverrier*.

GÉNÉTIQUE. — *Hybridation (ou mutation?) chez les Diatomées pélagiques du genre* Rhizosolenia. Note de M. **Jules Pavillard**, présentée par M. Louis Blaringhem.

Les récoltes planktoniques réalisées dans les parages maritimes de Monaco par M. J. Richard, à bord de l'Eider, avaient été particulièrement fructueuses en novembre 1913. Le classique maximum diatomique automnal s'y était manifesté avec une ampleur exceptionnelle.

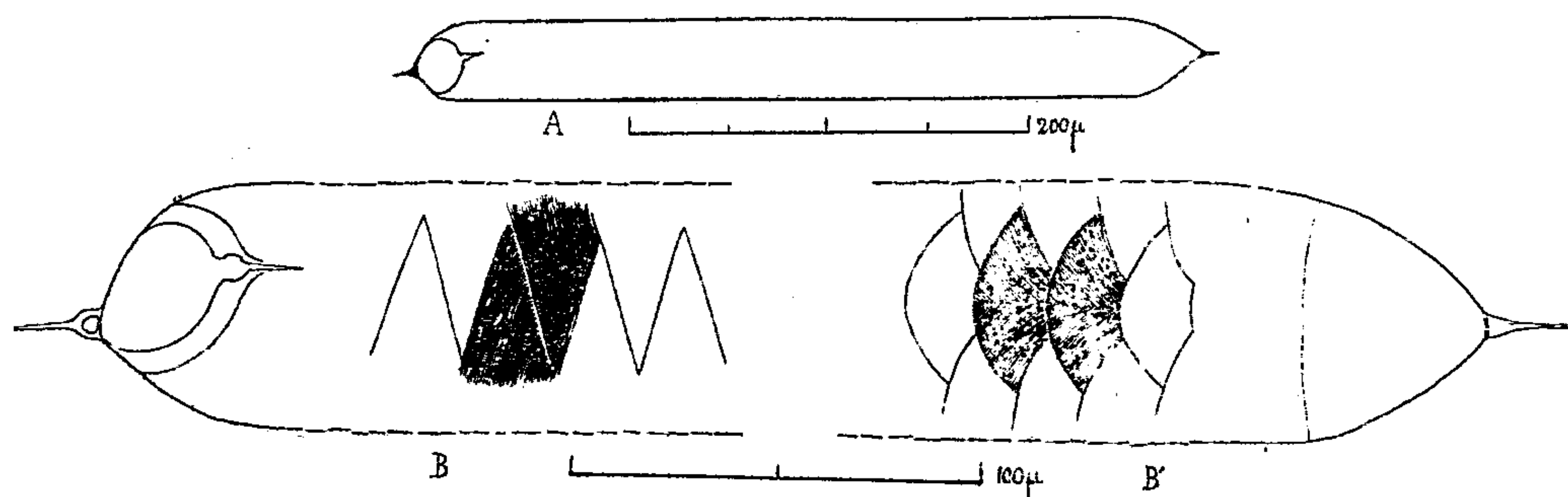
L'analyse du matériel de la Station 02350 (St. 11-70-0) nous a révélé la présence d'un assez grand nombre de cellules de *Rhizosolenia* dont les caractères spéciaux nous ont paru mériter d'être signalés. Ces cellules, parfaitement cylindriques, ont, en moyenne, 400^{μ} de long (250-650 et au delà) pour un diamètre de 45 à 50^{μ}. Elles sont terminées, à une extrémité, par une calyptre entièrement normale de *Rhizosolenia imbricata*, c'est-à-dire avec la contre-empreinte de la valve jumelle; de plus, jusqu'à la zone d'emboîtement, la membrane cylindrique présente la structure typique de cette espèce, caractérisée, comme on sait, par une double rangée d'écailles fortement striées ou diamétralement opposées.

Or l'autre partie de la cellule se termine par une calyptre en dome acuminé, entièrement lisse, sans contre-empreinte; le piquant terminal, à peu près rectiligne et de même longueur que celui de l'autre valve, en diffère cependant par l'absence de la dilatation basilaire caractéristique.

La région cylindrique, jusqu'à la zone d'emboîtement, est formée par quatre rangées d'écailles ayant une striation analogue à celle de l'autre région, mais beaucoup plus délicate et fort difficile à mettre en évidence.

La longueur respective des deux tronçons est très variable; la consistance est bien plus considérable du côté *imbricata* que de l'autre; ce dernier s'effondre et s'aplatit toujours par dessiccation tandis que le tronçon *imbricata* peut conserver sa forme cylindrique.

Un certain nombre des cellules observées étaient à un stade de prédivision, exclusivement localisée dans le tronçon *imbricata* et représentée par deux jeunes calyptres jumelles du même type.



A, une cellule « hybride » entière; B, B', deux tronçons d'une même cellule, effondrée et aplatie par dessiccation.

Les cellules isolées ou les filaments de *Rhizosolenia imbricata* pur étaient, d'ailleurs, l'un des éléments prépondérants de l'ensemble de cette récolte et de toutes celles réalisées le même jour aux diverses stations, entre la surface et la profondeur de 70^{m}.

Par contre, j'ai recueilli une cellule longue de 500$^{\mu}$, appartenant exclusivement par ses deux calyptres et par la structure écailleuse au second type décrit ci-dessus; le spécialiste qui n'aurait eu sous les yeux que des échantillons de cette nature, n'aurait pas hésité à les considérer comme espèce nouvelle.

De quoi s'agit-il en réalité? Ce dimorphisme me paraît ne pouvoir relever que d'une hybridation ou d'une mutation.

On connaît, il est vrai, déjà, chez les Diatomées pélagiques quelques cas de dimorphisme, dont le plus notoire est celui du *Rhizosolenia semispina-hebetata*, élucidé par H. H. Gran; mais il consiste, essentiellement, en un dimorphisme saisonnier, écologique; et si, dans certaines cellules, les deux calyptres diffèrent totalement l'une de l'autre, la structure de la zone est strictement identique dans toutes les cellules, qu'elles soient isomorphes ou hétéromorphes. Ici rien de semblable; les deux moitiés de la même cellule diffèrent profondément dans toutes leurs parties; l'hypothèse d'une muta-

tion brusque, intéressant évidemment le *Rhizosolenia imbricata*, nous paraît, *a priori*, peu vraisemblable, en raison de l'ampleur et de la multiplicité de ces différences.

Dans l'hypothèse d'une hybridation, réalisée par un mécanisme imprévisible, l'un des participants serait, nécessairement, le *Rhizosolenia imbricata*. Quant à l'autre, ce pourrait être le *Rh. calcaravis*, également présent, quoique peu répandu, dans les mêmes récoltes. La disposition des écailles en quatre rangées s'y retrouve dans les cellules de moyen calibre, mais leur sculpture, plus ou moins analogue, est encore plus difficile à mettre en évidence que dans nos échantillons *hybrides*. Sa calyptre a la même forme générale, sans contre-empreinte, mais avec une tendance à la symétrie bilatérale, par une inflexion qui se manifeste également dans sa longue épine plus ou moins arquée

Les différences observées dans l'*hybride* seraient alors l'indice d'une plasticité plus accentuée, sinon d'une subordination relative, par rapport au *Rh. imbricata*, seul invariable dans sa structure et seul (?) capable d'imposer sa prépondérance à l'égard de la localisation et de la forme des valves-filles jumelles pendant les préliminaires de la division cellulaire. Il y aurait là une sorte d'analogie, très lointaine, avec les cas de prépondérance d'un des sexes dans l'hybridation sexuelle.

Aucune trace des formes *hybrides* n'a pu être retrouvée dans les récoltes de décembre 1913 et dans aucune des récoltes ultérieures.

ZOOLOGIE. — *Sur les conditions physicochimiques de l'éclatement et de la déhiscence des spermatophores de quelques Céphalopodes.* Note de M. **Maurice Rose** et Mlle **M. Hamon**, présentée par M. Maurice Caullery.

Chez les Céphalopodes mâles, les spermatophores, après leur formation, sont emmagasinés dans un réservoir spécial, la *poche de Needham*. Par l'emploi des indicateurs colorés, on peut constater que cet organe est nettement acide; son pH varie de 5,8 à 6,2 selon les individus et aussi selon les régions. En particulier, chez *Eledone Aldrovandi* et *Sepia officinalis*, le fond de cette poche est très souvent plus acide que la zone avoisinant la sortie. D'autre part les spermatophores eux-mêmes possèdent un degré d'acidité variable, mais toujours net. Comme ceux des Pagurides, et plus encore peut-être, ils sont donc constitués en gros, par des substances acides et se trouvent en milieu acide, dans la poche de Needham. En outre les réactifs

employés pour provoquer l'éclatement ou la déhiscence des spermatophores, révèlent que ceux du fond sont le plus souvent beaucoup plus réfractaires. Il semble que, dans leur réservoir, les spermatophores subissent une sorte de « maturation » qui les sensibilise à la déhiscence. On peut penser qu'elle consisterait sans doute en une diminution partielle et relative de leur acidité.

Extraits de la poche et placés dans l'eau de mer normale, les spermatophores d'*Eledone moschata*, *Octopus vulgaris* éclatent ou se dévaginent; ceux de *Sepia officinalis*, *S. elegans* résistent. Chez *Eledone Aldrovandi* les résultats sont assez variables selon les individus qui ont fourni les appareils spermatiques. Le plus souvent, ceux qui sont prélevés à la sortie de la poche de Needham, éclatent tous en moins de 1 heure, parfois il n'y a que 50 pour 100 d'éclatements, exceptionnellement pas du tout. Les spermatophores provenant du fond résistent chez la moitié des individus; pour les autres, les ouvertures se font en proportion variable.

Pour toutes les espèces examinées, si l'on alcalinise l'eau jusqu'à un pH voisin de 9, par la soude, l'ammoniaque ou la chaux, on ne modifie guère les résultats. Dans l'eau marine acidifiée à un taux suffisant, il n'y a jamais d'éclatements. Ils sont au contraire la règle dans l'eau distillée. Mais si l'on acidifie cette eau, on réussit à empêcher ces éclatements pour des concentrations variables selon les espèces et parfois très faibles (moins de N/1000 chez *Sepia officinalis*). Les ions H^+ arrivent donc à supprimer l'effet de la dilution.

Dans des solutions de glucose isotoniques à l'eau de mer, les spermatophores éclatent chez toutes les espèces; ce qui fait soupçonner une action empêchante des sels de l'eau de mer. Nous avons ainsi été conduits à étudier l'action de quelques sels simples, en solutions isotoniques à l'eau marine normale. Dans les chlorures de K et Na, tous les spermatophores éclatent chez les deux *Eledone*; une partie seulement se dévaginent chez *Octopus*; ceux de *Sepia* résistent. Dans les chlorures de Mg et Ca, tous les spermatophores d'*Octopus* éclatent; une partie seulement de ceux d'*Eledone* le font; ceux de *Sepia* ne s'ouvrent pas.

Dans les mélanges en proportion égale et deux à deux, de chlorures isotoniques, on observe les faits suivants : Chez *Octopus vulgaris*, il y a dévagination dans tous les mélanges; chez *Sepia officinalis*, on n'obtient aucun résultat; tous les spermatophores restent inertes. Enfin, chez *Eledone Aldrovandi*, tous les spermatophores, aussi bien du fond de la poche de Needham que de la sortie, éclatent dans le mélange KCl-NaCl; dans $KCl-MgCl^2$, ceux

de la sortie éclatent, ceux du fond résistent; dans KCl-$CaCl^2$, éclatement général, quelle que soit l'origine des spermatophores; dans NaCl-$MgCl^2$, éclatement de tous ceux de la sortie, d'une partie seulement de ceux du fond; dans NaCl-$CaCl^2$, ceux de la sortie éclatent, ceux du fond résistent; dans $MgCl^2$-$CaCl^2$, il y a éclatement d'une partie seulement des spermatophores provenant des deux régions. Il ressort des données expérimentales que, d'une part, les alcalino-terreux s'opposent plus ou moins à l'éclatement, surtout Ca, et que, d'autre part, les alcalins leur sont antagonistes. K est particulièrement efficace vis-à-vis de Ca.

Si l'on précipite le calcium de l'eau de mer normale par l'addition d'un oxalate, les spermatophores d'*Eledone moschata* entrent en déhiscence; ceux de *E. Aldrovandi* et d'*Octopus vulgaris* éclatent; ceux de *Sepia* résistent.

Le permanganate dissous dans l'eau de mer (1/10000e) bloque les spermatophores d'*Eledone moschata*, mais fait éclater ceux d'*E. Aldrovandi* et *Sepia officinalis;* tandis que l'eau de Javel produit l'effet inverse dans les trois espèces.

Enfin les vapeurs de sulfure d'ammonium provoquent la déhiscence ou l'éclatement, en un temps très court, de tous les spermatophores des espèces étudiées.

En résumé, il semble résulter de ces recherches que, pour les Céphalopodes comme pour les Pagurides, la déhiscence ou l'éclatement des réservoirs spermatiques dépendent de conditions physico-chimiques complexes, variables selon les espèces, et parmi lesquelles on retrouve les mêmes influences du pH, de la pression osmotique et les mêmes actions balancées de cations actifs. Elles montrent aussi qu'il faudra toujours tenir compte dans des études de cet ordre, de l'origine précise des spermatophores extraits de la poche de Needham; ceux du fond se comportant souvent à l'opposé de ceux de la sortie. L'efficacité considérable des vapeurs de sulfure d'ammonium pour provoquer l'éclatement des spermatophores, aussi bien des Crustacés supérieurs que des Mollusques Céphalopodes, mérite également d'être soulignée.

ZOOLOGIE. — *Sur divers cas d'hermaphrodisme fonctionnel chez l'Oursin* Strongylocentrotus lividus. Note de Mlle **Yvette Neefs**, présentée par M. Charles Pérez.

Les Oursins ont normalement les sexes séparés. L'hermaphrodisme, déclaré par A. Giard comme fréquent chez *Echinocardium cordatum*, n'a

pas été retrouvé par M. Caullery; et cette anomalie est, en tous cas, considérée comme très rare, dans le groupe des Oursins réguliers. A ma connaissance, il n'en a été signalé que trois cas : un *Sphærechinus granularis* décrit par Viguier (¹) et deux *Strongylocentrotus lividus* observés, l'un par Herlant (²), l'autre par Bohn et Drzewina (³).

Pendant les mois d'août et septembre 1936, j'ai eu l'occasion d'examiner, parmi des lots de cette dernière espèce, pêchés au voisinage de Roscoff, pour les besoins des travailleurs du Laboratoire, sept hermaphrodites reconnaissables au premier aspect de leurs glandes génitales et qui se sont avérés fonctionnels. Je les répartirai dans les trois groupes suivants :

1° Le 14 août, est récolté un Oursin femelle, présentant une glande génitale de couleur nettement plus claire que les autres, et qui est un testicule fonctionnel. Le sperme, prélevé, a permis l'autofécondation ainsi que la fécondation croisée avec les œufs d'une femelle normale. A l'examen histologique, le testicule se montre en voie de dégénérescence et de phagocytose typiques; les ovaires sont en voie d'évolution progressive avec de nombreux oocytes jeunes. Il y a donc un décalage chronologique dans le développement des glandes des deux sexes.

2° Dans un lot, examiné le 3 septembre, en période d'arrêt de reproduction, se sont rencontrés trois hermaphrodites visibles, dont toutes les glandes présentent en proportions à peu près équivalentes, des tissus des deux sexes, avec séparation bien tranchée, la partie apicale étant mâle, et la partie orale femelle, de sorte qu'il est impossible d'attribuer ces individus à un sexe plutôt qu'à un autre. Dans l'Oursin mâle décrit par Herlant, une seule glande était hermaphrodite, présentant du pôle oral au pôle apical, des tubes successivement mâles, hermaphrodites, puis femelles, les quatre autres étant des testicules dont l'un, noirâtre, était atrophié, et l'auteur envisage la possibilité d'une action parasitaire accidentelle.

Mes exemplaires ne présentent, au contraire, aucune atrophie : avec le sperme et les œufs de toutes les glandes, il a été possible de réaliser l'autofécondation, ainsi que la fécondation croisée avec des individus normaux, tous les pluteus obtenus étant parfaitement viables.

3° Un Oursin d'aspect femelle, récolté le 14 août, présente quatre ovaires normaux; la cinquième glande, bien développée, mais de couleur plus

(¹) *Comptes rendus*, 131, 1900, p. 63.
(²) *Arch. Zool. Exp. gén.*, 57, 1918, N. et R., p. 28.
(³) *Comptes rendus*, 178, 1924, p. 662.

claire, laisse échapper, en même temps que des œufs, un sperme abondant. Autofécondation et fécondation croisée donnent des pluteus normaux.

L'examen histologique de la glande, montre des lobes femelles, bien développés et pleins d'œuf mûrs, sans aucun élément mâle. La spermatogénèse est localisée au niveau de quelques lobes apicaux, intercalés entre les tubes femelles superficiels et contenant surtout des tissus en voie d'atrophie.

A la fin d'août, j'ai retrouvé deux Oursins qui peuvent être rapprochés des précédents, bien que leur aspect les en éloigne au premier abord. Leurs glandes femelles portent de place en place des taches de couleur plus claire. En prélevant les œufs mûrs, libérés par les glandes, on n'observe aucune segmentation. Mais le tissu clair, dilacéré et mis ensuite au contact des œufs, donne une autofécondation immédiate, ou permet de féconder des œufs de femelles normales. Ce tissu clair est formé de lobes femelles en dégénérescence, mais contient quelques éléments mâles ayant subi un début de phagocytose. Notons qu'à la même époque de reproduction, les taches claires ont été fréquemment observées sur des gonades femelles, mais que leur dilacération n'a pas permis de réaliser des fécondations.

Les observations précédentes, d'hermaphrodisme accidentel à modalités très variables, m'inclinent à penser que cette anomalie est peut-être moins rare qu'on ne le croit généralement. S'il existe des hermaphrodites manifestes, d'autres ne peuvent être révélés que par l'autofécondation, celle-ci pouvant même ne pas se produire spontanément. Mes récoltes ont été surtout fructueuses à la fin des périodes de pleine maturité et, chez la plupart de mes hermaphrodites, les tissus mâles ou femelles se présentent en voie d'atrophie avancée. Il se pourrait que l'apparition éventuelle de l'hermaphrodisme fût liée à la dégénérescence normale ou accidentelle des gonades. A cet égard, il serait intéressant de suivre plus attentivement le cycle évolutif saisonnier de cet Oursin.

PHYSIOLOGIE. — *Deux cas de névrose expérimentale chez le chien.* Note de MM. **Wladimir Drabovitch** et **Pierre Weger**, présentée par M. Louis Lapicque.

Il y a 3 ans, une première série de recherches, en collaboration avec M. et Mme Chauchard, relatives aux rapports entre la formation des réflexes conditionnés et la chronaxie de subordination, a été communiquée ici par

l'un de nous ([1]). Ces recherches ont été poursuivies au cours de 1935 et 1936 et nous avons eu la satisfaction de voir confirmer notre hypothèse, formulée déjà en 1926, à savoir que les réflexes conditionnés se forment grâce à la synchronisation des chronaxies de subordination, cérébrale et périphérique. Nous avons découvert en même temps des rapports insoupçonnés (augmentation des chronaxies, cérébrale et périphérique, quelques secondes *avant* et *après* le réflexe conditionné) ([2]).

Au cours de nos travaux, nous nous heurtons assez souvent à des phénomènes imprévus. C'est naturel, étant donné la nouveauté de notre champ de recherches. Ainsi, récemment, nous avons eu affaire à deux cas de névroses chez les chiens.

Aux laboratoires de Pavlov, on a produit expérimentalement de très nombreux cas de névrose chez les chiens. On sait que la condition essentielle de ces névroses expérimentales était, comme l'a formulée Pavlov, une « rencontre pénible ou difficile », dans l'écorce cérébrale du chien, de processus contraires : excitation et inhibition, rencontre répétée trop souvent (par exemple une différenciation difficile entre les figures d'écran trop ressemblantes).

Or nous avons pu observer un cas très curieux de névrose chez l'un de nos chiens d'expérience, Pioss, dans les conditions directement opposées à celles de Pavlov. Ce chien, en effet, non seulement ne *travaillait* pas trop, mais au contraire avait été laissé tranquille pendant près d'un mois. Quand, enfin, nous l'avons repris pour une expérience, nous avons constaté que notre chien, d'habitude très pondéré, était extrêmement agité. A peine mis sur la table d'expérience, il a commencé à faire de très violents mouvements forcés, correspondant à son réflexe conditionné (rétractation de la patte postérieure gauche à la sonnerie), mouvements allant jusqu'aux convulsions et contractures. Ces mouvements s'irradièrent bientôt sur l'autre patte postérieure (où le réflexe conditionné n'a jamais été formé). Ensuite, ils se sont compliqués par de véritables ruades.

Il faut dire que, parfois, notre chien faisait des mouvements de ce genre quand il était incommodé par l'électrode attaché trop fortement à la patte. Mais ce jour il n'y avait pas d'électrode du tout. Les mouvements continuaient sans interruption. C'était un véritable accès épileptiforme. Aucune mesure n'était possible. Le chien étant mis par terre, l'accès (dans le train

---

([1]) *Comptes rendus*, 198, 1934, p. 1718.

([2]) Voir *C. R. Soc. Biol.*, 116, 1934, p. 959; 119, 1935, p. 76; 122, 1936, p. 57.

postérieur) continuait de plus belle. Cela incommodait l'animal à tel point qu'il se couchait tantôt sur le flanc gauche, tantôt sur le flanc droit pour essayer d'arrêter les convulsions de ses pattes postérieures.

Devant ce cas nettement pathologique, nous avons décidé de recourir au procédé habituel des laboratoires de Pavlov dans des cas pareils, c'est-à-dire à l'injection à Pioss de bromure ($1^g,5$ *per rectum*). Ces injections ont été répétées cinq fois pendant 5 jours (du 20 au 25 janvier, sauf le 24, dimanche).

Dès le premier jour du traitement, les mouvements forcés s'affaiblirent un peu. Les jours suivants, ils allaient en diminuant, mais très graduellement (ils disparurent d'abord par terre, ensuite sur la table sans électrodes sur la patte, puis avec les électrodes, etc.) pour disparaître complètement le cinquième jour. Le 28, il y a eu un faible rappel de ces mouvements, mais il était vite inhibé.

Le quatrième jour de maladie, quand Pioss était déjà assez calme, nous avons pu prendre quelques mesures. Et nous avons retrouvé nos relations habituelles : augmentation de la chronaxie avant le réflexe conditionné (retardé) et diminution pendant.

Pour projeter quelque lumière sur ce phénomène pathologique, il faut dire ceci. Au chenil du laboratoire de physiologie de la Sorbonne, les chiens sont tenus, d'habitude, ensemble. Et quand ils voient l'un de leurs congénères quitter la cour grillagée avec quelqu'un qui l'emmène, ils manifestent toujours une grande agitation, une forte *jalousie*. Or, Pioss, qui se trouve au chenil depuis plus de 2 ans et qui s'est habitué à travailler presque tous les jours, voyait pendant près d'un mois son compagnon habituel Fox quitter le chenil, ce qui provoquait chez lui des accès de désespoir, aboiements, hurlements, sauts, essais de sortir du chenil. A la fin, quand son tour est venu, cela l'a mis dans un état de surexcitation. Les centres du réflexe conditionné élaboré et des réflexes associés (ruades) étaient si surchargés énergétiquement, c'est-à-dire si excitables, qu'ils se déclenchèrent immédiatement et violemment, dès que l'animal fut mis dans *le milieu habituel* d'expérience. Bien entendu, ce n'est qu'une hypothèse plus ou moins vraisemblable.

Par contre, le deuxième cas de névrose (chez notre chien *Fox*) était tout à fait identique à ceux observés aux laboratoires de Pavlov. Nous avons placé, en effet, notre chien dans des conditions expérimentales *nouvelles* et *difficiles*. Il avait son réflexe conditionné moteur sur sa patte postérieure gauche, qui portait des électrodes (pour la *confirmation* du

réflexe conditionné) et qui, d'habitude, était soutenue par l'un de nos collaborateurs pour mesurer la chronaxie. Or, nous avons placé les électrodes sur la patte *antérieure* (gauche), où jamais le réflexe conditionné n'a été formé et nous avons fait soutenir cette patte. Puis, nous avons fait marcher notre excitant conditionné, la sonnerie, *sans* la confirmer par le courant électrique. Alors le chien parut tout à fait désorienté. Il s'agitait, nous regardait *interrogativement* et a fini par lever deux fois, mais à peine, sa patte de devant. Au bout de 3 jours, de ces expériences, se déclenchèrent les mêmes phénomènes pathologiques que chez *Pioss*, quoique avec violence moindre. Quelques jours de repos complet ont suffi pour guérir *Fox*.

Il nous a semblé intéressant de mentionner ces deux cas de névroses chez les chiens car, entre autres, ils montrent la possibilité des névroses partielles, nos animaux restant normaux sous tous les autres rapports.

PHYSIOLOGIE. — *Analyse chronaximétrique du mécanisme des actions synergiques et antagonistes dans le domaine du système nerveux autonome.* Note de M. **Paul Chauchard**, présentée par M. Louis Lapicque.

L'excitabilité des nerfs du système nerveux autonome rentre, on le sait, dans le cadre de l'excitabilité itérative de L.Lapicque, c'est-à-dire que de tels nerfs ne peuvent mettre en jeu l'organe auquel ils aboutissent que si on les soumet à une sommation d'excitations. L'inefficacité de l'excitation unique et la nécessité de réitérer les excitations sont dues à l'existence d'un hétérochronisme marqué entre le nerf et l'organe d'aboutissement. L'excitabilité d'un tel système comprend deux éléments : la chronaxie caractéristique du nerf et le temps de sommation, caractéristique de l'hétérochronisme entre l'organe et le nerf et dont les variations sont parallèles à celles de la chronaxie de l'organe, lorsque les variations de la chronaxie du nerf sont nulles ou de faible amplitude.

Abordant avec cette méthode l'étude d'un système dans lequel le sympathique et le parasympathique ne sont pas antagonistes, la glande sous-maxillaire et ses deux nerfs sécréteurs (corde du tympan et sympathique), chez le chien, A. et B. Chauchard ont constaté que les agents qui favorisent ou qui tarissent la sécrétion ont une action surtout périphérique, portant sur la glande elle-même : le temps de sommation qui avait à l'état normal la même valeur sur les deux nerfs subit des modifications importantes, de même

sens quel que soit le nerf interrogé. Les agents excito-sécréteurs qui comprennent, d'une part l'adrénaline et les sympathomimétiques, de l'autre l'acétylcholine et les parasympathomimétiques, et également les sympatholytiques (yohimbine), diminuent le temps de sommation : ils favorisent l'action des nerfs. Le temps de sommation est, au contraire, augmenté par les agents qui tarissent la sécrétion (parasympatholytiques, atropine); ceux-ci entravent l'action des nerfs.

Nous avons, avec J. Chauchard, repris cette étude dans le cas du cœur et de ses deux nerfs extrinsèques qui, cette fois sont antagonistes (pneumogastrique cardio-inhibiteur et sympathique cardio-accélérateur), et sommes arrivé aux résultats suivants :

1° L'hétérochronisme entre l'organe effecteur et les fibres cardioaccélératrices est, à l'état normal bien plus marqué (temps de sommation $\theta = 6$ secondes) qu'entre l'organe effecteur et les fibres cardio-inhibitrices ($\theta = 3$ secondes).

2° Les agents pharmacodynamiques exercent une action essentiellement périphérique se traduisant par un effet inverse sur ces deux temps de sommation : adrénaline et atropine diminuent celui du sympathique (de 6 à 3 secondes par exemple) et augmentent celui du pneumogastrique (de 3 à 6 ou 8 secondes). Ils favorisent donc l'action du premier et entravent celle du second. Au contraire, pilocarpine et yohimbine augmentent le temps de sommation du sympathique (de 6 à 10 secondes) et diminuent celui du pneumogastrique (de 3 à 1 seconde). Or, on savait déjà (M. Lapicque et C. Veil, H. Frédéricq) que le premier groupe de poisons augmente la chronaxie mesurée sur le myocarde, tandis que le second la diminue. Une augmentation de la chronaxie périphérique favorise donc le sympathique et inhibe le pneumogastrique, et inversement.

3° La faradisation préalable du sympathique, qui augmente la chronaxie du myocarde (H. Frédéricq), augmente le temps de sommation des fibres vagales et diminue celui des fibres sympathiques. Celle du pneumogastrique, qui diminue la chronaxie du myocarde, produit sur les temps de sommation l'effet inverse de celui que produit la faradisation du sympathique. Dans le cas de la glande sous-maxillaire, la faradisation d'un des nerfs diminuait, au contraire, toujours le temps de sommation.

Alors que, dans le cas de la glande, où nous avions deux nerfs sécréteurs et où la sécrétion paraissait liée à une diminution de la chronaxie périphérique, tout ce qui diminuait cette chronaxie favorisait l'action des deux nerfs, ici, dans le cas du cœur, où l'un des nerfs est accélérateur, l'autre

inhibiteur, et où l'accélération se montre liée à une augmentation de la chronaxie cardiaque, et l'inhibition à une diminution de cette chronaxie, tout ce qui diminue la chronaxie favorise le nerf inhibiteur et inhibe le nerf accélérateur, et inversement.

Si l'on tient compte du fait maintenant bien établi que le sympathique agit par l'intermédiaire chimique de l'adrénaline, et le pneumogastrique par celui de l'acétylcholine, on comprend le parallélisme entre l'action des nerfs et l'action de ces corps chimiques. Mais, alors que l'acétylcholine exerce une action de même sens sur la glande et sur le cœur, l'adrénaline qui diminue dans un cas la chronaxie, ainsi qu'elle le fait dans le cas de la rate ou des muscles vaso-constricteurs, l'augmente au contraire dans le cas du cœur. Sur la glande sous-maxillaire, où il n'y a pas antagonisme entre sympathique et parasympathique, l'adrénaline possède une action synergique de celle de l'acétylcholine; dans le cas du cœur, où le sympathique et le parasympathique sont vraiment antagonistes, on observe, au contraire, une action de l'adrénaline antagoniste de celle de l'acétylcholine.

BIOLOGIE. — *Aptérisme des Insectes et sélection naturelle.* Note (1) de M. **Philippe l'Héritier**, Mlle **Yvette Neefs** et M. **Georges Teissier**, présentée par M. Charles Pérez.

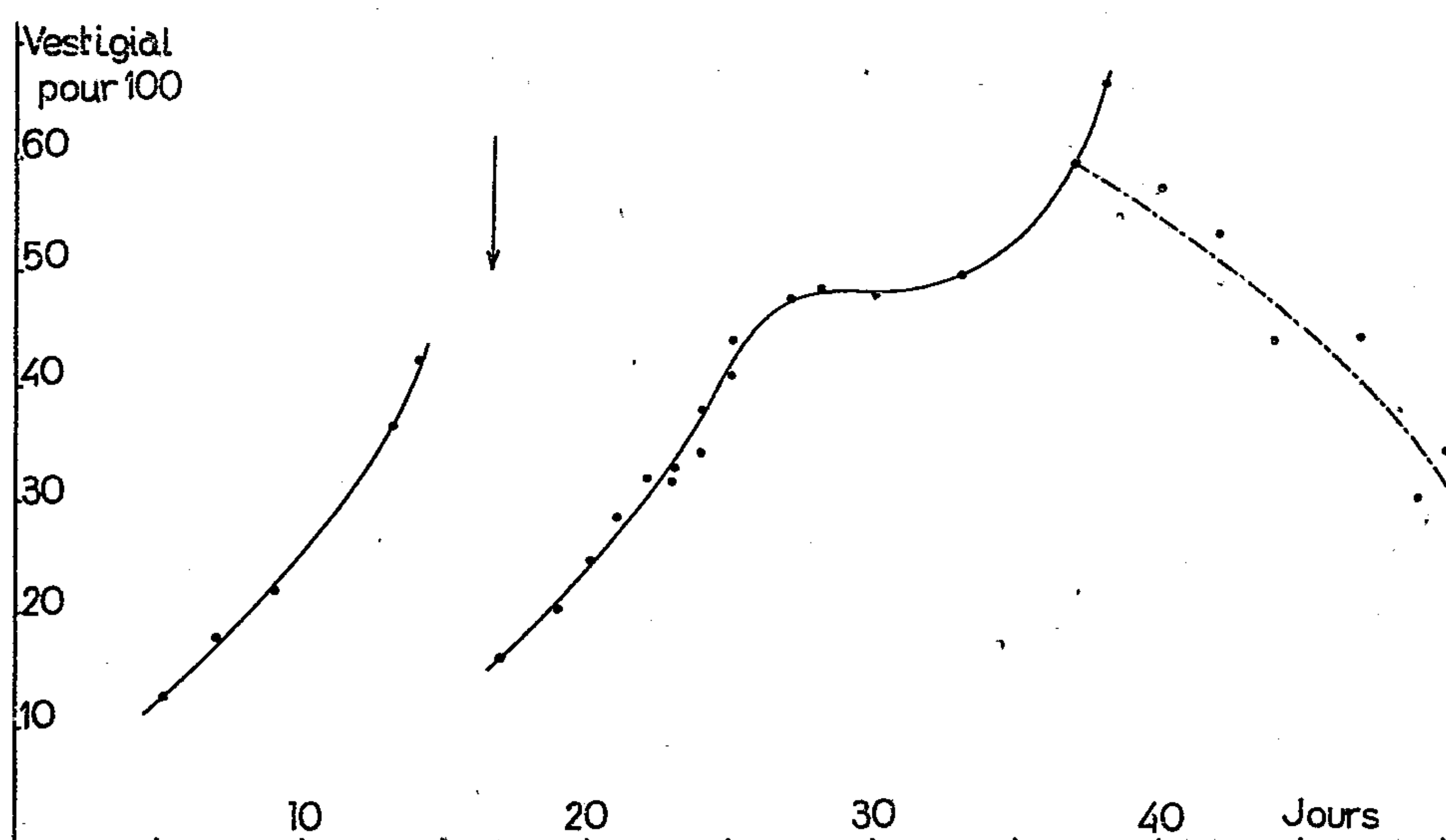
On sait que les Insectes qui vivent dans les îles ou au bord de la mer volent souvent mal et que beaucoup d'espèces ayant cet habitat ont les ailes plus ou moins atrophiées.

Darwin a proposé dans l'*Origine des espèces* une explication très séduisante de ce fait. « On peut supposer », dit-il, « que, durant une longue suite de générations, chaque insecte qui fit moins grand usage de ses ailes, soit par suite de leur moindre développement, soit par suite d'habitudes indolentes, ait eu plus de chance de n'être pas emporté par le vent et de survivre, tandis que d'autre part au contraire, ses congénères plus agiles, qui plus volontiers prenaient leur vol, étaient plus souvent jetés à la mer où se noyait avec eux l'avenir de leur race ».

Nous nous sommes proposé d'étudier expérimentalement le problème posé par Darwin et nous avons utilisé pour cela *Drosophila melanogaster*. Nous avons réalisé les conditions que Darwin suppose à l'origine de l'évo-

(1) Séance du 8 mars 1937.

lution des Insectes insulaires en constituant une population mixte d'individus normaux ailés et d'individus portant le caractère récessif *vestigial* (*vg*) qui se manifeste par une atrophie des ailes devenues tout à fait impropres au vol. Cette population a été élevée en plein air sur la terrasse de la Station Biologique de Roscoff, dans des conditions que nous décrirons ailleurs en détail. Des dispositions ont été prises pour que l'action du vent ne soit pas trop brutale et qu'il n'y ait pas de concurrence pour l'aliment. L'effectif total de la population, variable d'ailleurs d'un jour à l'autre,



paraissait être de l'ordre de un ou deux milliers de mouches ailées ou aptères.

Le graphique ci-dessus, où est porté, à intervalles de 1 ou 2 jours, le pourcentage d'imagos vestigiales issues des œufs pondus à cette date, résume notre expérience. Son allure est exactement celle que permettait de prévoir l'hypothèse de Darwin.

Le premier arc de courbe correspond à la partie de l'expérience qui précède l'éclosion des imagos; les mouches ailées emportées plus facilement par le vent que les mouches aptères, disparaissent plus vite que celles-ci, aussi les œufs homozygotes *vg vg*, qui ne représentaient le 5ᵉ jour que 12,5 pour 100 du nombre total d'œufs, en représentent-ils 42 pour 100 le 14ᵉ jour. L'éclosion des premières imagos se produit au 16ᵉ jour et à dater de ce moment la population se renouvelle régulièrement par l'apport

d'imagos issues d'œufs pondus une dizaine de jours plus tôt. Le nombre d'ailées augmente brusquement dans la population et, corrélativement la population d'œufs *vg vg* tombe à 16 pour 100. Mais, du fait de la sélection produite par le vent au cours de la première partie de l'expérience, qui se continue sur les imagos fraîchement écloses, du fait aussi qu'un nombre croissant d'individus ailés sont hétérozygotes, le deuxième arc de courbe prend immédiatement une allure ascendante; la proportion des vestigiales passe en une dizaine de jours de 16 pour 100 à 48 pour 100. A cette date les imagos nées des œufs pondus au moment où le nombre des vestigiales était à son minimum commencent à éclore. Le hasard ayant voulu qu'au même moment le temps ait été, pendant quelques jours, exceptionnellement beau et calme et la sélection peu efficace, la proportion des vestigiales reste constante pendant 4 ou 5 jours. Mais avec une nouvelle période de vent la courbe se relève pour atteindre, au 38e jour de l'expérience, 67 pour 100 de vestigiales homozygotes. A ce moment, si les croisements ont lieu au hasard, moins de 4 pour 100 des individus sont des homozygotes normaux.

Le troisième arc de courbe, tracé en trait interrompu, correspond à un changement dans les conditions d'élevage et constitue une contre-épreuve de l'expérience principale. L'élevage n'est plus placé en plein air mais dans une grande pièce ouverte. L'influence sélective du vent ne s'exerçant plus, les ailées, plus fécondes et à plus grande longévité que les aptères, reprennent le dessus; la proportion des vestigiales tombe en 15 jours de 60 pour 100 à 32 pour 100 environ. On voit que la sélection par le vent explique parfaitement les faits observés.

Il nous semble légitime de conclure des faits que nous venons de rapporter que l'hypothèse de Darwin est entièrement justifiée par l'expérience. La sélection naturelle n'a pas nécessairement, comme on le croît en général à l'heure actuelle, un rôle conservateur. Si le plus souvent elle se borne à supprimer les faibles et les anormaux et maintient ainsi la stabilité de l'espèce, elle peut également favoriser certaines anomalies que des circonstances particulières rendent avantageuses. L'aptérisme des Insectes que leur habitat expose au vent marin est une *infirmité* utile et l'on conçoit que, si le hasard des mutations l'a fait apparaître dans certaines espèces, le jeu de la sélection l'y ait maintenue.

BIOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *Sur la détermination morphologique des régénérations de membres chez les Phasmes.* Note de M. **Maurice Lecamp**, présentée par M. Maurice Caullery.

La régénération d'un membre, chez les Phasmes, s'effectue à partir d'un moignon correspondant à la partie proximale du membre, conservée après la perte de l'appendice. C'est à l'intérieur de ce moignon chitineux que se forme le régénérat. Les tissus qui y sont contenus se détachent de l'enveloppe chitineuse et se transforment progressivement pour constituer un bourgeon de régénération, qui se localise sur la paroi du corps du Phasme, à l'endroit de formation normal du membre. Dès le début de son développement, le bourgeon est totalement isolé de l'enveloppe qui le protège et il n'a de relations qu'avec sa base d'implantation. En raison de cette situation, au cours de son développement, il apparaît qu'il doive être sous l'influence de son support et déterminé morphologiquement par lui. D'autre part, l'étude histologique de cette régénération attribue un rôle important à l'hypoderme, constituant un des éléments conservés dans le moignon (¹).

Le problème posé a donc consisté à localiser le facteur de détermination morphologique de la régénération : soit, actions de corrélations avec la base d'implantation, soit, influence des anciens éléments présents dans le moignon.

Une première série d'expériences sur le Phasme *Carausius morosus* Br. a consisté à inverser l'orientation du membre par rapport à l'individu dans le sens dorso-ventral. J'ai modifié les relations du bourgeon de régénération avec son territoire d'implantation de la façon suivante : un Phasme, pris à un jeune stade, est anesthésié à l'éther; un de ses membres est d'abord autotomisé, puis immédiatement, le moignon restant est sectionné au niveau de sa base et réimplanté au même endroit, après l'avoir fait pivoter de 180° autour de son axe longitudinal; c'est une transplantation orthotopique, avec inversion de l'orientation suivant la polarité dorso-ventrale. Étant donné que la greffe suit immédiatement l'autotomie, il n'y a pas possibilité de régénération ni début de détermination morphologique entre les deux phases de l'opération.

45 individus ont été ainsi opérés.

(¹) E. Bordage, *Bull. Sc. France et Belgique*, 49, 1915, p. 199.

3 sont morts de causes diverses. Sur les 42 individus conservés vivants pendant deux à trois mois, jusqu'à la fin de leur période larvaire, 35 n'ont pas régénéré, ou ont produit des appendices anormaux et rudimentaires. Les 7 derniers ont régénéré des membres complets, qui sont tous orientés à l'inverse d'un appendice normal, c'est-à-dire conformément à la position imposée au greffon par l'opération de retournement. Leur polarité dorso-ventrale, par rapport à celle de l'individu, est devenue ventro-dorsale; la face antérieure du membre est devenue postérieure et inversement.

Au cours de la morphogenèse du régénérat, aucune influence provenant de la base d'implantation n'a *régularisé* la polarité inversée; il n'y a pas de *détermination corrélative*. La polarité du système morphologique est restée conforme à celle de ses éléments formateurs; il y a *prédétermination*.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Influence de traces d'oxygène sur la glycolyse par* Propionibacterium pentosaceum. Note (1) de Mme **Paulette Chaix**, présentée par M. Georges Urbain.

On a vu précédemment que les bactéries appartenant à l'espèce *Propionibacterium pentosaceum*, et placées en atmosphère de CO^2, ne peuvent métaboliser le glucose lorsqu'elles sont en quantités inférieures à la quantité active limite; on peut restituer à ces bactéries leur aptitude à la glycolyse par addition soit d'une série de substances sulfurées, soit d'un liquide (système X) provenant du lavage, avec une solution glucosée, d'une autre masse suffisamment importante de ces mêmes bactéries.

Ce phénomène, tel que je l'ai précisé récemment (2), correspond à deux possibilités : on peut admettre, en effet, qu'il s'agit ici, soit d'une réactivation directe de la glycolyse par formation d'un composé intermédiaire par exemple, entre les dérivés sulfurés et le glucose ; soit de la suppression de l'action d'un inhibiteur éventuel. Je me suis attachée à résoudre ce dilemne, et j'ai cherché en particulier si les traces d'oxygène, qui peuvent être présentes dans les milieux utilisés jusqu'ici, permettaient d'expliquer le comportement des bactéries en question.

Pour ce faire, j'ai repris quelques-unes des expériences précédentes en étudiant l'action d'un certain nombre de substances agissant de façon plus ou moins directe sur les traces d'oxygène éventuellement présentes. Les

(1) Séance du 8 mars 1937.

(2) *Comptes rendus*, 203, 1936, p. 1396.

expériences, faites de la façon générale déjà décrite, correspondent aux conditions suivantes :

Les récipients de l'appareil de Warburg, après avoir reçu 5^{cm^3} de la solution salée et glucosée tenant en suspension les bactéries, sont soumis à un passage de CO^2 provenant d'une bombe, pendant 6 minutes, dans les conditions habituelles. Les suspensions bactériennes contenues dans certains de ces récipients sont additionnées de cystine, de cystéine ou de KCN; d'autres récipients renferment, dans une ampoule latérale, soit du phosphore, soit du chlorure chromeux.

Voici à titre d'exemple les résultats obtenus :

Expérience.	Poids des bactéries (mg/5 cm³).	Substance en présence de laquelle se fait la glycolyse.	$Q_{CO^2}^{CO^2}$.
1217	1,27	Témoin (glucose seul)	0
		Cystine 1^{mg}	18,3
		Phosphore	17,6
		Phosphore + cystine	15,2
111	1,10	Témoin (glucose seul)	0
		Cystine 1^{mg}	22,4
		KCN 0,015 *n*	18,0
		Cystine + KCN	23,5
301	1,22	Témoin (glucose seul)	0
		Cystéine HCl 1^{mg}	20,3
		Phosphore	12,2
		Chlorure chromeux	30,0
		KCN 0,00005 *n*	18,0
		Bleu de toluylène	0,0

Le bleu de toluylène est décoloré complètement en une dizaine de minutes.

Ces résultats montrent nettement que lorsque l'on soustrait toute trace d'oxygène gazeux par le phosphore ou le chlorure chromeux ou lorsque l'on ajoute au milieu de l'acide cyanhydrique même en quantité très faible (0,00005*n*), l'on rend aux petites masses de bactéries une activité analogue à celle qu'elles possèdent normalement lorsqu'elles se trouvent en plus grande quantité. Il apparaît ainsi que ce sont bien les traces d'oxygène présentes dans le milieu qui inhibent le pouvoir glycolytique des petites masses de bactéries.

Ces traces sont d'ailleurs très faibles; la tension de l'oxygène est en effet insuffisante pour s'opposer, dans les conditions des expériences, à la décoloration rapide du bleu de toluylène, décoloration correspondant à l'éta-

blissement d'un rH ≤ 16. Cette tension semble d'autre part insuffisante également pour que l'oxygène puisse être utilisé par les cellules elles-mêmes pour leurs oxydations : je rappelle ici que des expériences ayant duré 70 heures n'ont permis de retrouver aucune diminution du glucose placé dans le milieu alors que la moindre oxydation de ce corps eut donné lieu à une diminution notable; on se trouve donc dans des conditions où la tension de l'oxygène, insuffisante pour que ce gaz soit absorbé par les cellules, est en même temps suffisante pour empêcher le fonctionnement du système glycolytique.

Le système X, dont l'existence a été mise en évidence précédemment, agit ainsi essentiellement en protégeant le système glycolytique des cellules contre l'action inhibitrice de traces d'oxygène.

Comment cette protection est-elle assurée par la cystine et les autres dérivés sulfurés, dont on a vu précédemment le rôle d'activateurs, c'est ce à quoi il n'est guère possible de répondre actuellement; peut-être cependant ces substances jouent-elles un rôle antioxygène analogue à celui qui a été mis en évidence récemment par Gosh et Rakshit (3).

L'on peut d'ailleurs prévoir que, agira en activateur dans le cas actuel, tout système capable d'annuler l'action de traces d'oxygène, soit en éliminant ce gaz (phosphore, chlorure chromeux), soit en protégeant le système glycolytique contre son action (cyanure, système X).

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Influence du parasitisme sur l'équilibre minéral des tissus (la sacculine chez le crabe).* Note (1) de Mme **Andrée Drilhon**, présentée par M. Paul Portier.

Nous avions noté (2) les modifications subies par l'hémolymphe d'un crabe parasité par la *sacculine*.

Et nous écrivions à ce sujet « surcharge en alcalino-terreux, augmentation des protéines, réserve alcaline modifiée avec acidification du milieu. Autant de symptômes d'un métabolisme perturbé, d'un équilibre physico-chimique compromis ».

---

(3) *Biochem. Zs.*, 289, 1936, p. 15.

(1) Séance du 8 mars 1937.

(2) Andrée Drilhon et E.-A. Pora, *Sacculine et Crabe. Étude chimique et physico-chimique, Travaux de la station biologique de Roscoff*, 14, 1936, p. 1-12.

Le premier terme de ces conclusions a spécialement retenu notre attention.

. En considérant l'hémolymphe comme un simple vecteur des échanges tissulaires, nous nous sommes demandé si les variations que nous constations n'étaient pas le reflet de modifications intimes subies au sein des tissus de l'hôte parasité.

Nous avons donc pratiqué sur le muscle de la pince du *Carcinus mænas*, soit normal, soit sacculiné, la série des déterminations dont nous rapportons plus loin (I) quelques moyennes :

Notons tout d'abord la fixité du taux des alcalins (Na et K) tout en tenant compte des variations individuelles, l'énorme élévation des alcalino-terreux chez le crabe sacculiné (de trois à quatre fois la valeur normale).

Nous constatons que cette *hyperminéralisation* des tissus est exactement reflétée par la surcharge en alcalino-terreux de l'hémolymphe des individus envisagés.

Nous avons par ailleurs isolé des sacculines de leur hôte et fait sur le tissu de ces organismes la même série de déterminations ci-dessous rapportées.

Teneurs exprimées en grammes pour 100 *de tissus frais.*
(Moyenne de trois déterminations.)

	I. Muscle de Crabe		
	normal.	sacculiné.	II. Sacculines.
	%	%	%
Téneur en eau	75,7	72,9	62,3
Matières minérales	1,42	2,74	2,86
Matières organiques	98,58	97,26	97,14
Sodium	0,318	0,337	0,464
Potassium	0,324	0,340	0,590
Calcium	0,132	0,508	0,1131
Magnésium	0,032	0,086	0,141

En rapprochant ce tableau du précédent il est difficile d'admettre une diffusion des éléments minéraux des tissus du parasite dans ceux de l'hôte, diffusion provoquant une surcharge des éléments minéraux que nous étudions.

Les variations que nous constatons du rapport K/Ca et K/Mg sont donc parallèles et toutes deux dans le sens d'une forte diminution.

Les rapports K/Ca et K/Mg chez le *Carcinus mænas* normal sont respectivement de 2,45 et 10,125, ils passent à 0,668 et 3,95 chez le crabe sacculiné.

On ne peut donc rapprocher ce parasitisme de certains néoplasmes, l'équilibre minéro-minéral étant dans ces deux cas rompu dans un sens nettement différent.

En effet, différents auteurs, et en particulier Roffo ([3]), ont montré que l'évolution de certains néoplasmes croissait parallèlement au rapport K/Ca des tissus. Plus ce rapport est grand, plus la tumeur est importante.

Il pourrait donc se confirmer que des perturbations biochimiques des tissus (en corrélation étroite d'ailleurs avec celles de l'hémolymphe) ne soient liées qu'à une interruption pathologique du phénomène de la mue.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *La nature des composés excrémentiels résultant du catabolisme des acides aminés.* Note ([1]) de Mlle **Gilberte Mourot**, présentée par M. Maurice Javillier.

Nous avons entrepris une étude des acides aminés naturels afin de préciser le caractère unique ou multiple de l'évolution que leur azote, présent sous diverses formes, subit dans l'organisme animal ([2]).

Les animaux (rats adultes de 200 à 300^g) reçoivent une alimentation qui, toujours composée et apprêtée de la même manière, confère à l'excrétion azotée urinaire une grandeur et une répartition suffisamment constantes pour que puisse lui être comparée l'excrétion provoquée par la dégradation supplémentaire de l'acide aminé étudié. Nous avons évalué, dans l'extra-azote rejeté par l'urine, la part qu'y prend chaque forme d'azote dosée, admettant que les métabolites de l'acide aminé transformé s'ajoutent simplement à ceux, demeurés constants, qui correspondent au régime de comparaison. Ce régime de comparaison a été, toutes choses égales en ce qui concerne vitamines et sels, tantôt strictement glucidique (fécule), tantôt glucidique et protidique (fécule et lait écrémé). Le choix du premier régime s'imposait pour les raisons édictées par Terroine ([3]); celui du régime glucidique et protidique parce que l'on peut supposer qu'un acide aminé n'engendrera certains corps que s'il rencontre dans l'organisme des

([3]) Roffo et Laserre, *Le rapport calcium-potassium dans le tissu néoplastique* (*Bull. Inst. Med. exp.*, Buenos-Aires, **11**, 1926, p. 221).

([1]) Séance du 8 mars 1937.

([2]) La bibliographie sera relevée dans un Mémoire ultérieur.

([3]) E. F. Terroine, *Bull. Soc. Chim. biol.*, **18**, 1936, p. 665.

compléments indispensables qui, peut-être, ne sauraient lui être fournis dans la dégradation endogène minimum.

Dans le tableau, nous rapportons seulement les résultats de quelques expériences. Les déchets azotés trouvés en excès dans l'urine sont groupés en déchets : 1° *protéiques* (dans un sens facile à comprendre), 2° puriques, 3° créatiniques.

Acides aminés.	Excès de N urinaire total.	Excès de N des déchets protéiques.				Excès de N des déchets puriques.			Excès de N des déchets créatiniques.		
		N urée.	N aminé.	N NH^3.	Total.	N allantoïne.	N acide urique + bases puriques.	Total.	N créatinine.	N créatine.	Total.
					Régime glucidique.						
	mg										
Glycocolle.........	22,0	22,1	0,3	0,85	22,4	0,2	−0,05	0,15	0,05	1,35	1,40
Alanine...........	20,4	15,6	−0,1	−0,05	15,4	−0,45	−0,02	−0,47	−0,25	0,66	0,41
Acide aspartique....	16,4	14,5	0,15	1,3	15,9	0,15	0,05	0,20	−0,12	1,34	1,22
Acide glutamique...	7,9	7,7	0,71	0,83	9,2	−0,8	–	−0,8	0,03	0,25	0,28
Proline............	49,6	49,0	0,04	−0,28	48,7	0,13	−0,05	0,08	0,20	−0,08	0,12
Leucine............	18,3	18,8	0,25	3,35	22,4	0,6	0,18	0,78	0,10	0,45	0,55
Cystine............	−5,2	−10,9	5,25	4,6	−1,1	−1,75	0,05	−1,7	0,20	−0,9	0,11
Lysine............	41,4	42,2	0,55	3,08	45,8	−0,95	0	−0,95	−0,30	0,63	0,33
Ornithine..........	64,4	59,3	0	4,97	64,3	0,3	−0,27	−0,03	−0,01	0,62	0,61
Guanidine.........	23,0	10,9	0,55	−0,67	10,8	0,45	−0,40	0,05	0,66	1,20	1,86
Arginine..........	66,4	70,5	0,19	0,10	70,8	0,4	0,13	0,53	−0,10	1,64	1,54
Histidine..........	48,8	34,6	3,45	1,55	39,6	0,3	0	0	0,05	1,7	1,75
Tryptophane.......	17,2	20,3	−0,15	5,77	25,9	0,7	0,04	0,74	−0,15	1,2	1,05
Tyrosine..........	29,7	24,3	−0,05	3,55	27,8	0,58	–	0,58	−0,40	−0,12	−0,52
Citrate NH^4........	20,3	20,2	0,3	1,55	22,0	0,05	–	0,05	−0,57	1,23	0,66
					Régime glucides + lait écrémé.						
Arginine..........	145	–	–	–	–	–	–	–	−0,35	0,05	−0,30
Arginine...........	50,3	50,6	−0,2	3,98	54,4	0,4	0,05	0,45	0,32	1,5	1,82
Histidine..........	29,5	12,8	5,4	4,06	22,3	0,6	0,21	0,81	−0,20	0,53	0,33

1° *Déchets dits protéiques*, N uréique, aminé, ammoniacal. — C'est, de toute évidence et comme on le sait d'ailleurs, vers ces déchets surtout que va l'azote des acides aminés, et à peu près exclusivement à l'urée. Certains acides aminés, (histidine surtout, tyrosine), des corps comme la guanidine, semblent donner de l'urée avec moins de facilité que les autres corps. La cystine bouleverse la répartition : N de NH^3 et N aminé sont notablement accrus au détriment de l'azote uréique.

Il faut signaler un fait *a priori* paradoxal : l'excès de l'azote urinaire dit protéique surpasse souvent l'excès de l'azote total. Mais il ne faut pas oublier que l'azote indéterminé est toujours important et susceptible de fournir des déchets du type protidique; cet azote indéterminé varie en effet en sens inverse de l'azote de l'urée ([1]).

2° *Déchets puriques*, allantoïne, acide urique et bases puriques. — Dans le métabolisme exogène comme dans le métabolisme endogène minimum, l'administration des acides aminés n'a pu élever le catabolisme purique. On note, au contraire, presque toujours, une légère diminution correspondant à un volume urinaire un peu amoindri. Ce phénomène est particulièrement marqué avec l'histidine.

3° *Déchets créatiniques*, créatinine et créatine. — Nul effet sur la créatinine; pour la créatine, les phénomènes sont peu nets et inconstants dans le métabolisme exogène. Dans le métabolisme endogène, tous les acides aminés provoquent l'apparition de créatine, mais on reconnaît une supériorité nette à l'arginine, à l'histidine, au glycocolle, peut-être à l'acide aspartique. On peut envisager, pour cause de cette formation de créatine, une déviation de l'azote des acides aminés dans son acheminement vers l'urée.

SEROLOGIE. — *L'alexine est-elle un élément corpusculaire ?*
Note de M. **Iwo Lominski**, présentée par M. Félix Mesnil.

La nature corpusculaire du Bactériophage est basée entre autres sur le fait suivant : lorsqu'on introduit dans un grand nombre de tubes, contenant une suspension de bactéries sensibles, strictement les mêmes quantités de Bactériophage très dilué, on constate que la lyse des bactéries n'a lieu que dans certains tubes. Nous nous sommes demandé s'il ne serait pas possible de reproduire le même phénomène au cours d'autres processus lytiques, en particulier l'hémolyse de globules rouges sensibilisés. Nous nous sommes adressé à l'alexine; pour établir sa nature corpusculaire, nous avons entrepris les expériences qui font l'objet de la présente Note et que nous nous réservons de compléter par d'autres expériences d'ordre physique.

On détermine très exactement le titre lytique de l'alexine de cobaye en présence d'une quantité constante de sensibilisatrice. Le titrage doit être

([1]) G. Mourot, *Bull. Soc. Chim. biol.*, 17, 1935, p. 1741.

aussi serré que possible. On établit la quantité *minima* d'alexine nécessaire pour provoquer en 30 minutes, à 37°C., l'hémolyse totale de $0^{cm^3},1$ d'une émulsion à 5 pour 100 de globules rouges de mouton sensibilisés (volume total $= 3^{cm^3}$).

L'emploi d'une faible quantité, $0^{cm^3},1$, d'hématies permet d'effectuer un titrage plus serré (par exemple 1:30, 1:30,01, 1:30,02, etc.) et plus précis que si l'on utilise 1^{cm^3} de globules. Afin d'éviter toute erreur, nous nous servons de tubes à hémolyse de même verre et de mêmes dimensions. Pour toutes les manipulations, nous employons des micropipettes calibrées au 1/100e de centimètre cube. Au cours de l'expérience, une micropipette spéciale sert pour la répartition de chacun des constituants de la réaction; on utilise comme mesure l'écart entre les mêmes deux traits. Il faut éviter de plonger la pipette dans le liquide, et toucher uniquement sa surface afin d'éviter l'adsorption par la paroi extérieure de la pipette. La même eau physiologique sert pour chaque expérience.

On prépare plusieurs séries de 100 tubes à hémolyse, contenant de l'eau physiologique et des globules sensibilisés. On ajoute à chaque tube $0^{cm^3},1$ d'alexine à différentes concentrations; une série reçoit de l'alexine à la dilution déterminée comme limite [1] par un dosage préalable, une série de l'alexine moins diluée, les autres séries reçoivent des dilutions de plus en plus étendues.

Voici à titre d'exemple les résultats fournis par une de nos expériences :

Titre limite = 1:27,50.

Dilution de l'alexine :

1:23.		1:27,50.		1:29,75.		1:33,80.	
Nombre de tubes.	Hémolyse.	Nombre de tubes.	Hémolyse.	Nombre de tubes.	Hémolyse.	Nombre de tubes.	Hémolyse.
100...	totale	43...	totale	34...	totale	7...	totale
		41...	subtotale	16...	subtotale	38...	partielle
		16...	nulle	27...	partielle	55...	nulle
				23...	nulle		

Si on dilue davantage encore l'alexine, aucun des 100 tubes ne présente

(1) Cette dilution limite, obtenue sur une série où chaque concentration était représentée par un seul tube, est en réalité supérieure à la véritable dilution limite, puisque, éprouvée sur un grand nombre de tubes, elle ne provoque pas l'hémolyse dans la totalité des tubes.

de lyse. Mais si l'on prend soin de faire la réaction dans 200 tubes, on note très souvent un tube, où l'hémolyse est complète ou partielle.

Les tubes où l'on note l'hémolyse totale, subtotale ou partielle, constituent un premier groupe; ils ne diffèrent entre eux que par la quantité d'unités alexiques qu'ils contiennent. Le deuxième groupe est constitué par les tubes où il n'y a pas trace d'action de l'alexine (²). Le nombre de tubes que comporte ce dernier groupe devient de plus en plus élevé à mesure que l'alexine est plus diluée.

Conclusions. — Il semble ressortir de ces expériences que les propriétés alexiques ne sont pas réparties d'une manière uniforme dans le sérum et que l'alexine n'y est pas dissoute. Nos expériences plaident en faveur d'une répartition discontinue de l'alexine dans le sérum et en faveur de sa nature corpusculaire.

MICROBIOLOGIE. — *L'influence du jeûne sur la persistance du virus du Typhus murin chez la puce* Xenopsylla cheopis. Note (¹) de MM. **Georges Blanc** et **M. Baltazard**, présentée par M. Félix Mesnil.

Nous avons montré (²) que les puces *Xenopsylla cheopis*, nourries pendant quelques heures sur un rat infecté de typhus murin, puis mises à jeun aussitôt, ne se montraient pas infectantes pour le cobaye, aussi longtemps que durait le jeûne. Cependant il suffisait de faire cesser ce jeûne, en nourrissant ces mêmes puces, apparemment avirulentes, sur un rat sain, pour qu'elles deviennent rapidement infectantes.

Mooser et Castaneda (³) ont montré la marche de l'envahissement des cellules du tube digestif de la puce par les *Rickettsia* du typhus murin. Cet envahissement commence par l'extrémité intestinale des tubes de Malpighi, gagnant de proche en proche les cellules de l'estomac : il faut environ douze jours pour que l'infestation du tube digestif soit totale.

(²) Les différences entre les tubes à hémolyse totale et partielle pourraient, à la rigueur, être expliquées par les variations de la teneur en hématies, variations possibles malgré toutes les précautions prises, les globules rouges étant à l'état de suspension. Mais cela n'expliquerait nullement l'absence d'hémolyse dans un certain nombre de tubes.

(¹) Séance du 8 mars 1937.

(²) Georges Blanc et M. Baltazard, *Comptes rendus*, 202, 1936, p. 2191.

(³) *Journal Exp. Med.*, 55, 1932, p. 307.

La non virulence des puces mises à jeun aussitôt après le repas infectant montrait que cette multiplication des *Rickettsia* et l'envahissement des cellules ne s'étaient pas faits, la quantité de virus introduite par le repas infectant et restée telle se montrait trop faible pour infecter le cobaye. Elle mettait ainsi en lumière l'importance de la présence du sang dans le tube digestif de la puce, présence indispensable pour assurer la multiplication des *Rickettsia*.

Il était intéressant de rechercher quel pourrait être le rôle du jeûne sur des puces infectées depuis plus de douze jours, chez lesquelles le virus serait déjà arrivé à son complet développement.

Expérience. — Un millier de puces *Xenopsylla cheopis*, nouvellement écloses et n'ayant pas encore piqué, est mis dans un bocal sur un rat blanc inoculé le jour même de typhus murin (souche T. M. C. III), l'animal meurt cinq jours plus tard; il est remplacé par un autre rat inoculé le même jour que lui. Quatre jours plus tard, ce rat est sacrifié et remplacé par un troisième inoculé depuis quatre jours. Douze jours après le commencement de l'expérience, cinquante puces sont prélevées, broyées et inoculées, par voie intrapéritonéale, à deux cobayes mâles. Tous deux s'infectent. Trois jours plus tard, un nouveau lot de dix puces est prélevé, broyé en eau physiologique et inoculé par voie intrapéritonéale à deux cobayes mâles. Tous deux s'infectent.

La virulence des puces étant démontrée, le rat est retiré du bocal, le jeûne commence. Chaque jour, pendant sept jours, dix puces sont prélevées, broyées en eau physiologique et inoculées dans le péritoine de deux cobayes mâles. Tous s'infectent. Du septième au onzième jour, pas de broyage. Le douzième jour du jeûne, il ne reste plus que quatre puces vivantes dans le bocal. Elles sont broyées en eau physiologique et inoculées dans le péritoine d'un cobaye mâle, qui fait lui aussi un typhus murin tout à fait typique avec fièvre et périorchite.

L'expérience est concluante. Alors que des constatations antérieures nous avaient montré que la présence de sang est nécessaire à l'établissement et à la multiplication du virus dans les cellules du tube digestif de l'insecte, elle montre que l'infection, une fois réalisée, persiste durant toute la vie de l'insecte avec une égale valeur, même en cas de jeûne et d'absence de sang dans le tube digestif.

MÉDECINE EXPÉRIMENTALE. — *Syndrome* rhumatisme ankylosant *dans l'avitaminose* C *partielle*. Note [1] de MM. **Georges Mouriquand, Henri Tete, Georges Wenger** et **Paul Viennois**, présentée par M. Charles Achard.

L'organisme du cobaye privé de la vitamine C développe, comme l'ont montré Smith, Holst et Frölich et nombre d'auteurs, un scorbut aigu typique, essentiellement caractérisé par des lésions ostéohémorragiques siégeant de préférence au niveau des membres inférieurs. Ces lésions apparues (cliniquement) vers le 12e ou 15e jour progressent sans altérer d'abord l'état général (phase eutrophique), puis s'accompagnent d'inappétence avec amaigrissement progressif, diarrhée et mort vers le 28e ou 32e jour [2].

Le caractère aigu de ces manifestations chez l'animal ne permet pas de comparer exactement leur évolution à celle, beaucoup plus lente à s'installer et à évoluer, du scorbut humain.

C'est pour mieux rapprocher le scorbut de l'homme de celui du cobaye que dès 1921 Mouriquand et Michel ont réalisé le scorbut expérimental chronique à évolution prolongée sans atteinte notable de l'état général [3].

Des recherches récentes nous ont permis de réaliser à nouveau ce syndrome scorbutique chronique et de montrer que des doses différentes d'acide ascorbique peuvent être, suivant leur importance, soit antiscorbutiques + antidystrophiques, soit seulement antidystrophiques. Les faibles doses (de l'ordre de $0^{mg},5$ à 1^{mg} d'acide ascorbique) permettent l'évolution d'un scorbut typique à grosses manifestations ostéohémorragiques, sans atteinte ou avec atteinte retardée de l'état général et pondéral. Pendant une grande partie de son évolution le scorbut reste eutrophique et paraît, d'ailleurs, d'autant plus accentué dans ses manifestations que la courbe pondérale continue son ascension ou tout au moins sa stagnation.

En poussant très loin ce type d'expérience, nous avons noté chez plusieurs de nos animaux vers le 100e jour de la carence à côté de grosses tuméfactions ostéohémorragiques du scorbut, une ankylose progressive des articulations du genou et des coxo-fémorales, interdisant le jeu des membres

(1) Séance du 8 mars 1937.

(2) G. Mouriquand, *Presse Médicale*, 84, 27 mars 1935, p. 489.

(3) *Comptes rendus Société de Biologie de Lyon*, séance du 18 avril 1921, 1, 1921, p. 734.

postérieurs. L'animal n'avance que grâce à la motilité de ses membres antérieurs et traîne passivement son train postérieur. L'examen clinique de ces articulations permet de constater leur raideur, siège d'une ankylose totale ou subtotale.

La radiographie montre un aspect « soufflé » des diaphyses fémorales avec épaississement périostique, décalcification plus ou moins diffuse des fémurs et des tibias, état flou des articulations coxo-fémorales et des genoux (comparaison avec les animaux du même âge au régime équilibré).

L'adjonction au régime subcarencé de fortes doses de vitamine C, tout en faisant disparaître les lésions ostéohémorragiques, ne modifient que peu ou pas les lésions ankylosantes.

Aucun des animaux témoins, soumis depuis plus de 100 jours au régime scorbutique avec larges doses d'acide ascorbutique (interdisant à la fois l'évolution du scorbut et de la dystrophie générale) n'a présenté ce syndrome rhumatismal ankylosant, qui paraît bien lié à une carence partielle de vitamine C, permettant l'évolution du scorbut sur un terrain qui garde une bonne trophicité générale. A noter que ce syndrome paraît devenir à un moment donné difficilement réversible, cependant que les lésions scorbutiques hémorragiques classiques qui l'accompagnent gardent leur réversibilité vis-à-vis de l'acide ascorbique (1).

La séance est levée à 16h15m.

E. P.

(1) Nous avons pu réaliser dans d'autres circonstances un syndrome semblable ou voisin. Nous y reviendrons.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

Ouvrages reçus pendant les séances de février 1937.

Anniversary volume dedicated to *professor K. Honda*, in *the science reports of the Tôhoku imperial university, first séries*. Sendai, K. Sasaki, 1936; 1 vol. 26cm,5.

El Bromo en las Harinas y en los Trigos, par R. Pérez Ibañez. Rosario, Talleres graficos *Belgrano*, 1936; 1 fasc. 22cm,5.

Réaumur, par Jean Torlais. Bruges, Desclée de Brouwer et Cie, 1936; 1 vol. 20cm,5 (présenté par M. d'Ocagne).

Jubilé scientifique de M. Jacques Hadamard. Paris, Gauthier-Villars, 1937; 1 vol. 24cm.

La physique nouvelle et les quanta, par L. de Broglie, in *Bibliothèque de philosophie scientifique*. Paris, Flammarion, 1937; 1 vol. 19cm,5.

Théorie de l'addition des variables aléatoires, par Paul Lévy, in *Monographie des Probabilités*, fasc. I. Paris, Gauthier-Villars, 1937; 1 vol. 25cm,5 (présenté par M. É. Borel).

Recherches sur la Biologie et le développement des hyménoptères parasites : *Les Trichogrammes*, par Paul Marchal. Extrait des *Annales des Épiphyties et de Phytogénétique* (tome 2, fasc. 4). Paris, Imprimerie nationale, 1936; 1 vol. 27cm.

Jean-Baptiste Charcot (1867-1936), publié par le *Bulletin officiel du Yacht Club de France*. Paris, 1937; 1 vol. 28cm,5.

A la Mémoire de Henry Le Chatelier (1850-1936). Paris, *Revue de Métallurgie*, 1937; 2 vol. 27cm.

La Trypanosomiase humaine en Afrique intertropicale, par A. Sicé. Paris, Vigot frères, 1937; 1 vol. 25cm,5.

Faune de France, 31 *homoptères auchénorhynques I* (Typhlocybidæ), par H. Ribaut, in *Office central de Faunistique*. Paris, Paul Lechevalier et fils, 1936; 1 vol. 25cm (présenté par M. L. Bouvier).

Un canon du naufrage de La Pérouse rapporté par Dumont d'Urville et déposé au Musée de la Société des antiquaires de Normandie, par A. Bigot. Caen, Société d'impression de Basse-Normandie, 1936; 1 fasc. 25cm.

Conditions techniques du Bureau Veritas, *pour le matériel non destiné aux Constructions navales*, IV. Paris, 1936; 1 vol. 22cm,5 (présenté par M. L. Guillet).

Le Colonel Aimé Laussedat, le créateur de la Photogrammétrie. Le développement de cette science, conférence faite à Moulins, en 1934, par Georges Bruel, et publiée dans *Notre Bourbonnais*, n° 56. Moulins, imprimerie A. Pottier, 1936; 1 fasc. 23cm,5 (présenté par M. G. Perrier).

Contribuição para o estudo hydrometrico do Rio parahyba do Sul, par F. E. MAGARINOS TORRES; directoria geral de pesquisas scientificas Instituto de Meteorologia, hydrometria e ecologia agricola, 1re Partie. Rio-de-Janeiro, typ. do Ministerio da agricultura, 1933; 1 vol. 23cm,5.

Contribuição para o estudo hydrometrico do Rio parahyba do Sul, par F. E. MAGARINOS TORRES; departemento nacional da producção mineral, 2e Partie. Rio-de-Janeiro, Directoria de estatistica da producçao, 1936; 1 vol. 23cm.

Recherches géologiques à Madagascar. Première suite. *La Géologie du Nord-Ouest*, par HENRI BESAIRIE. Extrait des *Mémoires de l'Académie malgache*, fasc. XXI. Tananarive, Pitot de la Beaujardière, 1936; 1 vol. 28cm.

ERRATA.

(Séance du 8 mars 1937.)

Note de M. *Jean Dufay*, L'azote dans les spectres cométaires :

Page 745, ligne 9, *au lieu de* 3939,5 (8), *lire* 3998,5 (3).
Page 746, ligne 16, *au lieu de* 3947,6, *lire* 3949,6.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 22 MARS 1937.

PRÉSIDENCE DE M. EMMANUEL LECLAINCHE.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Président** annonce à l'Académie le décès de M. **Amé Pictet**, Correspondant pour la Section de Chimie, survenu à Genève le 11 mars 1937.

M. le **Président** annonce à l'Académie qu'à l'occasion des fêtes de Pâques, la prochaine séance hebdomadaire aura lieu le mercredi 31 mars au lieu du lundi 29.

GÉOMÉTRIE. — *Sur une construction du polygone régulier de 17 côtés, due à André-Marie Ampère, d'après des documents conservés dans les Archives de l'Académie des Sciences.* Note (¹) de M. **Henri Lebesgue**.

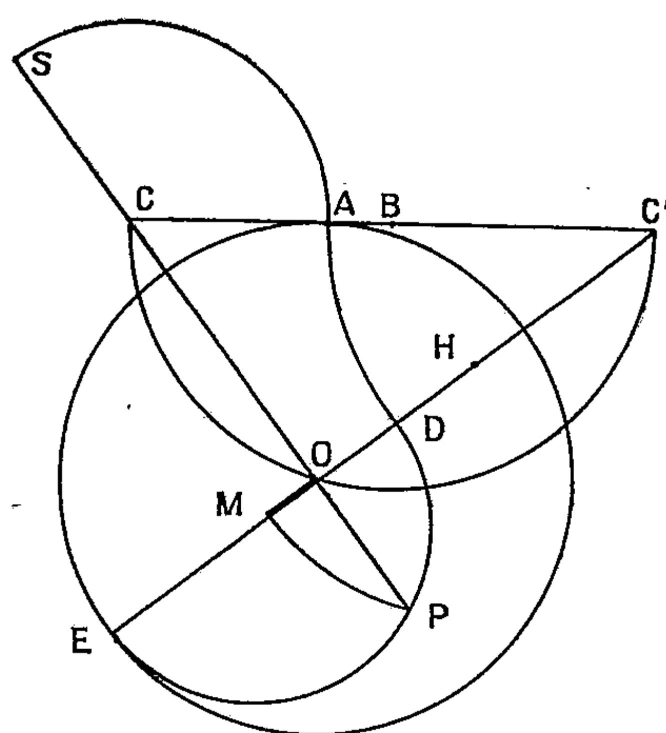
Peu après que notre Confrère M. de Launay nous eut fait connaître le premier travail mathématique d'Ampère, Paul Janet me dit son intention d'entretenir l'Académie des dernières recherches mathématiques d'Ampère et il me demanda d'examiner quelque jour avec lui des documents réunis par M. M. Mathieu, l'actif secrétaire de la Société des Amis d'A.-M. Ampère. J'ai fait cet examen, seul hélas ! Voici ce que j'ai vu.

Le 14 septembre 1835, Ampère fit une Communication à l'Académie que le tome 1 des *Comptes rendus* résume en quelques lignes, d'ailleurs rédigées par Ampère; on en possède le manuscrit : « M. Ampère dépose sur le bureau une figure géométrique dans laquelle la construction très simple

(¹) Séance du 15 mars 1937.

qu'il a trouvée pour diviser la circonférence de cercle en 17 parties égales est représentée ». Et Ampère continue en annonçant qu'il donnera une théorie élémentaire de la division du cercle. En réalité Ampère, qui mourut à Marseille le 10 juin 1836 en tournée d'inspection, intervint encore à l'Académie, mais n'y fit plus de Communication personnelle.

Les papiers d'Ampère contiennent des brouillons de calculs sur le polygone de 17 côtés, parfois sur celui de 257 côtés, le début de la rédaction de la Communication projetée et des figures. La principale est reproduite ici (*fig.* 1), j'ai corrigé un lapsus de la légende : OA au lieu de CA.



$AB = \frac{OA}{4}$, $PH = \frac{OS}{2}$, $OM = \text{corde}\,\frac{\pi}{17}$.

Fig. 1.

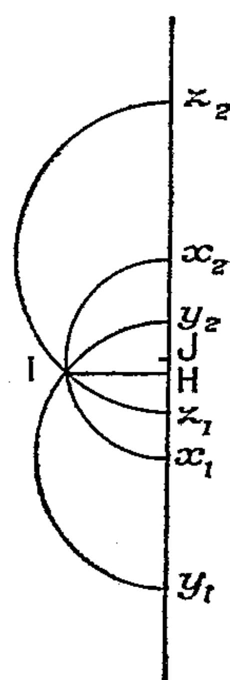


Fig. 2.

La construction d'Ampère suit, pas à pas, la marche indiquée par Gauss pour la résolution des équations binomes, laquelle fournit les valeurs, différentes de 1, des quantités

$$(k) = \cos\frac{2k\pi}{17},$$

par les calculs suivants :

(I) $2x^2 + x - 2 = 0$ donne $x_1 = (1) + (2) + (4) + (8) > (3) + (5) + (6) + (7) = x_2$,

(II) $y^2 - x_1 y - 1 = 0$ donne $y_1 = 2[(1) + (4)] > 2[(2) + (8)] = y_2$,

(II') $z^2 - x_2 y - 1 = 0$ donne $z_1 = 2[(3) + (5)] > 2[(6) + (7)] = z_2$,

(III) $t^2 - y_1 t + z_1 = 0$ donne $t_1 = 2(1) > 2(4) = t_2$.

Prenant $OA = 1$, Ampère obtient les racines $x_1 = AC$, $x_2 = -AC'$ par la méthode classique; il construit y_1 et y_2 à l'aide de leurs expressions

irrationnelles

$$y_1 = x_1 + \sqrt{1 + x_1^2} = \text{AC} + \text{OC} = \text{OS}, \qquad z_1 = x_2 + \sqrt{1 + x_2^2} = -\text{AC}' + \text{OC}' = \text{OD};$$

enfin il construit les racines de (III) par la méthode classique, d'où

$$\text{OM} = t_2 = 2(4) = 2\cos\frac{16\pi}{34} = 2\sin\frac{\pi}{17} = \text{corde de } \frac{\pi}{17}.$$

Ampère a donc suivi Gauss, dont d'ailleurs il possédait les *Disquisitiones* dans sa bibliothèque (catalogue de 1816); dans ses brouillons il emploie même des notations de Gauss. Or la méthode de Gauss peut être dirigée vers le calcul d'un (k) quelconque, d'où des figures d'Ampère, variantes de la figure 1, donnant la corde de $3\pi/17$ ou celle de $5\pi/17$. Mais on trouve aussi une figure énigmatique formée uniquement de circonférences ayant deux points communs; une seule indication « 2^{q-4} en dénominateur ». Mais notons que les centres, sauf un, sont sur des circonférences tracées et le mystère deviendra facile à percer.

Quand on essaie, comme Ampère, de réaliser le tracé dont Gauss s'était contenté de constater la possibilité, on peut être conduit à modifier les équations. Ainsi l'équation (I) d'Ampère n'est pas tout à fait celle de Gauss, pour laquelle les racines sont $2x_1$ et $2x_2$; de ce changement insignifiant résulte la possibilité de construire y_1 et z_1 comme l'indique la figure 2, dans laquelle $\text{HI} = 4\,\text{HJ} = 1$ et où les cercles tracés ont pour centres J, x_1, x_2. Il suffirait de remarquer que $\text{I}y_1$ et $\text{I}y_2$, par exemple, sont les bissectrices de $\text{HI}x_2$ pour être amené à constater que les angles $\text{HI}y$ et $\text{HI}z$ sont les solutions de l'équation $\text{Arctg}\,4\,\text{X} = 4$ et l'on serait ainsi conduit à la plus élégante des constructions du polygone de 17 côtés actuellement connues, celle due à M. W. Richmond (²). On peut penser qu'une construction analogue aurait été trouvée quelque cinquante ans plus tôt si Ampère avait publié ses essais; car, si Ampère n'a certes pas trouvé cette construction, il a du moins tracé la figure 2 relative au polygone de 17 côtés dans un brouillon. Ceci, à côté de calculs sur le polygone de n côtés; or, si l'on essaie d'étendre à ce cas la méthode considérée, on constate que, lorsqu'on y peut réussir, on y parvient en divisant par les puissances successives de 2 les racines des équations successives de Gauss, d'où l'indication signalée ci-dessus, et la construction débute par le tracé de la figure mystérieuse.

(²) *Quarterly Journal of Mathematics*, 26, 1892, p. 206.

Les valeurs de n pour lesquelles la méthode s'applique sont rares; elle ne s'applique pas à $n = 257$; c'est peut-être cela qui a arrêté Ampère.

Quant à la méthode élémentaire d'Ampère, elle consiste essentiellement en la vérification des résultats de Gauss par le calcul des sommes et produits, tels que $x_1 + x_2$ et $x_1 x_2$, grâce aux formules de la trigonométrie. Pourtant, dans la rédaction commencée de sa communication future, il va plus loin; il abandonne le langage trigonométrique, il ne parle plus que de cordes et traduit les formules en théorèmes auxiliaires sur les cordes, tels le théorème de Ptolémée. Cette prétendue simplification engendre des longueurs et des lourdeurs; quel était donc le but d'Ampère? Car il ne s'agit évidemment plus pour lui de retrouver à sa façon, pour le mieux comprendre, le résultat de Gauss.

C'est un problème difficile et toujours ouvert de savoir comment aider les professeurs scientifiques de l'enseignement moyen à trouver dans la science qu'ils ont étudiée, et dont ils enseignent les rudiments, un aliment pour leurs pensées. Comment obtenir que leur vie intellectuelle ne se sépare pas de leur métier, ne s'oppose pas à lui, qu'alors ils accomplissent leur tâche avec plus de joie et de fierté et, partant, plus d'efficacité? L'inspecteur général Ampère, qu'une telle question ne pouvait laisser indifférent, stimulait volontiers l'activité intellectuelle de ses administrés en leur parlant de philosophie ou de classification des sciences. Mais peu de questions proprement scientifiques pouvaient être abordées; la division du cercle lui offrait une occasion rare, il en parla dans ses inspections, deux lettres à lui adressées le prouvent, et c'est évidemment en pensant aux professeurs de l'enseignement moyen qu'il bâtissait son exposé élémentaire.

Sur ces préoccupations si humaines, notre regretté Confrère Paul Janet, qui était en quelque sorte un familier d'Ampère, aurait eu certainement des choses touchantes à nous dire. Mes brèves indications rappelleront du moins combien le grand savant, que les étudiants de ma génération appelaient irrévérencieusement le bonhomme Ampère, fut un homme bon.

PHYSICOCHIMIE BIOLOGIQUE. — *Recherches viscosimétriques sur les solutions des diverses protéines du sérum.* Note de MM. **Charles Achard**, **Augustin Boutaric** et Mlle **Suzanne Thévenet**.

Nous avons effectué une série de mesures de viscosité sur les solutions de diverses protéines (albumine, globuline et myxo-protéine) extraites du

sérum sanguin (bœuf) par M. Maurice Piettre, à l'aide de sa méthode fondée sur l'emploi de l'acétone à basse température.

Les mesures ont été faites à 26° au moyen du viscosimètre d'Ostwald, les densités des solutions étant déterminées à la même température par la méthode du flacon. Dans tous les cas, la viscosité relative par rapport au milieu solvant envisagé était fournie par la relation

$$\frac{\eta}{\eta_0} = \frac{dt}{d_0 t_0},$$

où d et t, d_0 et t_0 désignent les densités et les durées d'écoulement de la solution et du milieu solvant.

1. Dans les premières mesures que nous avons effectuées, les diverses protéines étaient dissoutes dans leurs solvants habituels : la sérum-albumine dans l'eau, la sérum-globuline dans une solution décinormale de soude et la myxoprotéine dans une solution de chlorure de sodium à $8^g,5$ par litre (solution physiologique). Le tableau suivant donne la viscosité relative η/η_0 rapportée à celle du milieu solvant, les concentrations c étant exprimées en grammes de protéines par centimètre cube.

Albumine.		Myxoprotéine.		Globuline.	
c.	η/η_0.	c.	η/η_0.	c.	η/η_0.
0,0058	1,017	0,0057	1,046	0,0025	1,046
0,0080	1,032	0,0075	1,070	0,0050	1,100
0,0100	1,046	0,0111	1,110	0,0080	1,182
0,0119	1,060	0,0118	1,117	0,0100	1,240
0,0196	1,126	0,0186	1,272	0,0120	1,302
0,0202	1,129			0,0150	1,395
0,0397	1,285			0,0200	1,596

Si l'on trace les courbes des viscosités en fonction de la concentration pour ces diverses protéines, on constate qu'à égalité de concentration les viscosités η/η_0 vont en croissant dans l'ordre suivant : albumine, myxoprotéine et globuline.

2. Cependant les solutions précédentes ne sont pas absolument comparables puisque les diverses protéines sont dissoutes dans des milieux très différents. Aussi nous a-t-il paru intéressant de reprendre les mesures de viscosité sur les solutions des trois protéines faites dans un même solvant constitué par une liqueur décinormale de soude. Le tableau suivant donne les viscosité relatives η/η_0 de ces diverses solutions rapportées à la viscosité de la solution décinormale de soude.

Albumine.		Myxoprotéine.		Globuline.	
c.	η/η_0.	c.	η/η_0.	c.	η/η_0.
0,0043	1,150	0,0050	1,136	0,0025	1,046
0,0060	1,220	0,0066	1,182	0,0050	1,100
0,0075	1,287	0,0100	1,281	0,0080	1,182
0,0100	1,406	0,0133	1,393	0,0100	1,240
0,0150	1,696	0,0150	1,456	0,0120	1,302
0,0200	1,985	0,0200	1,674	0,0150	1,395
0,0300	2,864			0,0200	1,596

Si l'on trace les courbes de viscosité des diverses protéines dissoutes toutes dans la solution décinormale de soude, on constate cette fois qu'à égalité de concentration les viscosités vont en croissant dans l'ordre suivant : globuline, myxoprotéine et albumine.

3. Si l'on porte sur un graphique les valeurs de $1/c \log_e \eta/\eta_0$ en fonction de c, on constate que les points obtenus se placent sur une droite, en sorte que l'on a

$$\frac{1}{c} \log_e \frac{\eta}{\eta_0} = a + bc, \tag{1}$$

le coefficient angulaire b ayant des valeurs positives généralement très faibles pour les solutions dans la soude décinormale.

Pour de très faibles valeurs de la concentration, $\log_e \eta/\eta_0$, c'est-à-dire $\log_e[1 + (\eta - \eta_0)/\eta_0]$, peut être pris égal à $(\eta - \eta_0)/\eta_0$, en sorte que l'on a

$$\lim \frac{1}{c} \frac{\eta - \eta_0}{\eta_0} = a. \tag{2}$$

La valeur de a, qui représente la limite vers laquelle tend l'expression $(1/c)(\log_e \eta/\eta_0)$ lorsque la concentration c tend vers zéro, permet de caractériser les trois protéines en ce qui concerne leur viscosité dans les divers milieux solvants envisagés.

D'autre part on peut avoir une idée approximative du gonflement moyen des particules en utilisant la formule d'Einstein reliant la viscosité d'une suspension au volume φ occupé par les particules dans l'unité de volume

$$\frac{\eta - \eta_0}{\eta_0} = 2,5\,\varphi. \tag{3}$$

Comparant les relations (2) et (3) on obtient

$$\varphi = \frac{ac}{2,5}. \tag{4}$$

D'autre part, en désignant par φ_0 le volume occupé par la matière à l'état

sec et par δ sa masse spécifique, on a

(5) $$\varphi_0 = \frac{c}{\delta}.$$

Divisant membre à membre les équations (4) et (5) on obtient

(6) $$\frac{\varphi}{\varphi_0} = \frac{a\,\delta}{2,5}.$$

En utilisant, pour relier la viscosité d'une suspension au volume φ occupé par les particules la formule de Kunitz, qui, d'après certains auteurs, s'accorderait mieux avec les faits et qui, pour des solutions très diluées, fournit

$$\frac{\eta - \eta_0}{\eta_0} = 4,5\,\varphi,$$

la formule (6) devient

(7) $$\frac{\varphi}{\varphi_0} = \frac{a\,\delta}{4,5}.$$

Les valeurs de δ ont été déduites des valeurs de la densité de la solution et de celle du milieu solvant en admettant que la dissolution se fait sans variation de volume. Le tableau suivant donne, pour les trois protéines dans les divers milieux solvants envisagés, les valeurs de a et du gonflement φ/φ_0 fournies par les équations (6) et (7).

Solutions.	a.	$\left(\frac{\varphi}{\varphi_0}\right)_E$.	$\left(\frac{\varphi}{\varphi_0}\right)_K$.
Albumine dans eau..................	2,7	1,47	0,82
Myxoprotéine dans NaCl.............	5,7	2,88	1,60
Globuline dans NaOH N/10...........	8,2	9,98	5,54
Myxoprotéine dans NaOH N/10.......	25,0	13,19	7,33
Albumine dans NaOH N/10...........	33,3	17,38	9,67

Bien que l'application des relations d'Einstein et de Kunitz à la détermination du volume occupé par les protéines dans leurs solutions présente un certain caractère aléatoire, il semble que l'on puisse déduire des résultats précédents que les gonflements de la sérum-albumine dans l'eau et de la myxoprotéine dans une solution de NaCl sont à peu près insignifiants, et très inférieurs à ceux que fournit par exemple la gomme arabique. Cette constatation nous paraît de nature à mettre fortement en doute l'opinion courante, ne reposant d'ailleurs sur aucun fait précis, qui classe les protéines parmi les colloïdes hydrophiles. C'est seulement lorsqu'elles sont dissoutes dans une solution décinormale de soude qu'elles manifestent un gonflement relativement notable au sein du solvant.

MÉCANIQUE. — *Sur la théorie des oscillations de relaxation.* Note de M. **Jules Haag**.

1. J'ai indiqué [1] une méthode permettant de calculer la partie principale de l'amplitude et de la période d'une oscillation de relaxation. Pour me rendre compte de la valeur pratique des formules obtenues, j'ai fait une vérification numérique sur un exemple. Cette vérification m'ayant montré que l'approximation des dites formules était assez médiocre, j'ai entrepris de les améliorer. Cela m'a conduit à approfondir considérablement ma première théorie. Voici, brièvement résumés, les résultats de cette nouvelle étude.

2. Appelons D la *déviation* verticale subie par la trajectoire [2] quand ε passe de la valeur zéro à la valeur ε. Proposons-nous d'abord de calculer cette déviation le long d'un *arc de première espèce*. Elle est déterminée par l'équation différentielle

$$\frac{dD}{dt}(D + At^r) = \varepsilon^2(a - t). \tag{1}$$

Supposons connue la déviation D_0 qui correspond à $t = t_0$. En considérant ε^2 et t_0 comme deux variables complexes indépendantes, je commence par démontrer que D est une fonction holomorphe de ces deux variables, au voisinage de zéro, si t_0 est fini, ou bien infiniment petit d'ordre inférieur à une certaine limite par rapport à ε. Ceci me permet de *développer* D *en série entière suivant les puissances de* ε^2 *et de* D_0.

3. Si $t_0 = 0$, D est toujours holomorphe par rapport à ε^2, mais ne l'est plus par rapport à D_0. Toutefois, si l'ordre β de D_0 par rapport à ε est inférieur à r'', on peut obtenir un développement de D suivant les puissances de ε^2 et de $D_0^{\frac{1}{r}}$; mais ce développement comporte des puissances négatives de la seconde variable et ses coefficients sont des polynomes en $\log D_0$. En outre, il n'est convergent qu'à la condition que t ne dépasse pas une certaine limite t_1.

Pour $t > t_1$, on peut calculer D par *prolongement analytique*, en combinant le développement ci-dessus avec celui du paragraphe 2.

4. Si $\beta \geqq r''$, il faut utiliser *l'équation différentielle de raccordement*. On

---

[1] *Comptes rendus*, 202, 1936, p. 102.

[2] Notations de la Note précitée.

obtient alors, pour $t < t_1$, le développement de D suivant les puissances de $\varepsilon^{r'}$, les coefficients de ce développement étant des polynomes en $\log \varepsilon$ et pouvant se calculer par des quadratures effectuées sur des fonctions déduites d'une solution de l'équation de raccordement.

Pour $t > t_1$, on opère toujours par prolongement analytique, en combinant le développement ci-dessus avec celui du paragraphe 2.

5. On peut donc atteindre, dans tous les cas, avec une approximation illimitée, un point quelconque de l'arc considéré, pourvu que ce point soit à une distance finie de l'extrémité de gauche dudit arc.

Pour atteindre cette extrémité, il faut utiliser la variable t correspondante. On obtient une équation analogue à l'équation (1), que l'on traite de la même manière. On peut atteindre directement le point $t = 0$, si β est inférieur au nombre r'' correspondant. Sinon il faut encore utiliser une équation de raccordement.

Dans tous les cas, *on peut calculer, par développement en série convergente et avec une approximation illimitée, la déviation à l'arrivée, connaissant la déviation au départ.*

6. Pour un *arc de seconde espèce*, on peut calculer la déviation en un point quelconque, situé à distance finie des deux extrémités, par une *série asymptotique*, dont les coefficients se déterminent sans aucune intégration. On peut de la sorte obtenir, comme précédemment, une approximation d'ordre illimité, quoique la série utilisée soit divergente.

Ce calcul montre en outre que *toutes les trajectoires qui viennent buter sur la courbe Γ sont immédiatement enfermées dans un tube dont la largeur est infiniment petite d'ordre infini par rapport à ε.* Elles restent dans ce tube jusqu'à l'axe Oy.

Si la tangente à Γ à l'extrémité de gauche de l'arc n'est pas horizontale, on peut atteindre cette extrémité par le développement ci-dessus. Sinon, il faut passer par l'intermédiaire de l'équation de raccordement, dont on doit utiliser une courbe intégrale particulière, asymptote à la courbe $z = -s^{r'}$.

Dans tous les cas, *on sait encore calculer la déviation à l'arrivée*, avec une approximation d'ordre illimité; de plus, *cette déviation est la même pour toutes les trajectoires*, à un infiniment petit près d'ordre infini.

7. En résumé, *en partant d'un point quelconque*, nous sommes en mesure de *calculer complètement la portion de trajectoire comprise entre ce point et l'axe Oy, avec une erreur infiniment petite d'ordre arbitrairement élevé par rapport à* ε.

Si l'on exigeait que cet ordre soit grand, les calculs seraient très compliqués. Mais le calcul des premiers termes est assez facile.

8. Comme conséquence, on peut enfin calculer *l'amplitude de l'oscillation périodique* en fonction de ε.

Quant à la période, je ne m'en suis pas encore occupé; mais il est vraisemblable que la présente théorie doit permettre également de l'évaluer, avec une erreur d'ordre arbitrairement grand.

MÉCANIQUE DES FLUIDES. — *Quelques remarques sur la théorie tourbillonnaire de l'hélice*. Note [1] de M. **Dimitri Riabouchinsky**.

Dans un travail publié en 1906, dans le premier fascicule du *Bulletin de l'Institut Aérodynamique* de Koutchino, j'ai exposé mes recherches sur la pression P exercée par un courant fluide de densité ρ et de vitesse v_0 sur des secteurs tournant à une vitesse angulaire $2\pi n$ autour d'un axe parallèle au courant. Les points expérimentaux indiqués dans la figure ci-contre correspondent à un secteur à deux pales d'angle central $\gamma = 0{,}25\pi$. Nous désignerons plus bas par x et y les grandeurs sans dimension portées en abscisses et en ordonnées dans la figure. La droite en pointillé $y = k = 0{,}682$ correspond à la pression exercée sur un disque fixe de même diamètre d que les secteurs. Nous considérons dans la présente Note l'augmentation de la résistance d'un disque déterminée par sa rotation comme phénomène secondaire.

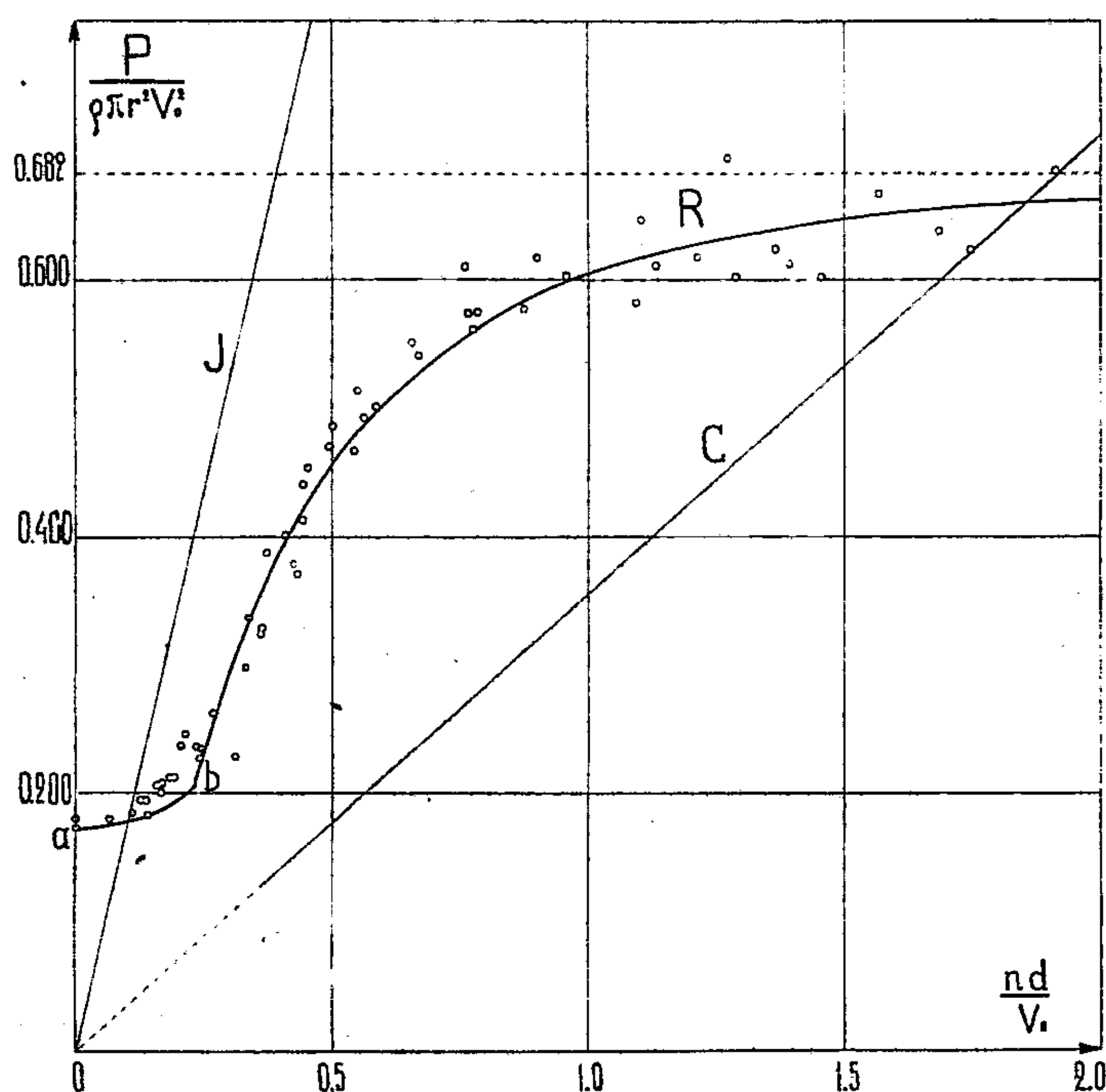
En octobre 1906, A. Crocco a publié, dans le *Bolletino della Società Aeronautica Italiana*, un Mémoire où il discute mes expériences et applique au calcul de la pression exercée sur les secteurs la méthode de composition des vitesses en prenant la loi de résistance d'un plan mince en fonction de l'angle d'attaque α, pour les x suffisamment grands, sous la forme $y = k \sin\alpha \cos\alpha$. La droite C de la figure a été calculée par ce procédé.

En juillet et août 1912 j'ai publié à Moscou deux Notes intitulées *Étude théorique sur les hélices* et, en novembre de cette même année, dans le fascicule IV du *Bulletin de Koutchino*, deux articles sur ce même sujet. J'ai exposé dans ces publications les bases de la théorie tourbillonnaire de l'hélice en prenant comme point de départ les équations

$$(1) \qquad \operatorname{grad} H = 2(\vec{V}' \times \vec{\Omega}), \qquad H = \frac{1}{2}(V'^2 - \bar{V}^2) + \frac{p}{\rho},$$

[1] Séance du 8 mars 1937.

V′ et $\overline{V}$ sont la vitesse relative et d'entraînement et Ω le tourbillon du mouvement absolu. J'ai obtenu ces équations en appliquant les formules cinématiques d'Euler et la méthode de superposition, à tout instant considérée, d'un trièdre de référence fixe au trièdre mobile. Cette démonstration est rigoureuse et très simple et je l'ai appliquée ensuite pour étendre la théorie aux fluides compressibles.



Il résulte de la théorie que j'avais développée que la pression dP, exercée sur un élément du secteur, peut être calculée d'après la formule

$$(2)\qquad dP = \rho\left[n\varkappa + \frac{1}{2}\left(\frac{\varkappa}{2\pi r}\right)^2\right]2\pi r\,dr,$$

où $\varkappa$ est la circulation autour de l'axe du secteur égale à la somme des circulations $0{,}5\varkappa$ autour de chacune des deux pales correspondant au même rayon r.

Je considère devoir donner ces précisions car dans quelques publications, dont j'ai pris récemment connaisance, les équations (1), ainsi que les idées directrices de la théorie tourbillonnaire de l'hélice, sont attribués à Joukowsky, ce qui n'est pas exact. Dans un travail publié en russe en 1914

et traduit en français en 1929 ([2]), Joukowsky applique les équations (1), en me citant, et la démonstration de ces équations qu'il donne n'apporte pas d'élément nouveau à celle que j'avais publiée.

Dans le travail que je viens de rappeler, Joukowsky applique la théorie tourbillonnaire de l'hélice à l'interprétation de mes recherches expérimentales sur les secteurs animés de rotation. Il développe la théorie des *persiennes* et la condition des vitesses finies sur le bord de fuite des pales le conduit à la relation

$$\varkappa = 4\pi r v \operatorname{tang} \frac{\gamma}{2}. \tag{3}$$

Il admet que $v = v_0$ et ne tient compte que du premier des deux membres de la seconde partie de (2). Il obtient ainsi l'équation d'une droite dont le tracé, correspondant à la valeur $\gamma = 0{,}25\pi$, est désigné sur la figure par la lettre J.

Il est indispensable de remarquer cependant que la vitesse v ne saurait être égale à la vitesse à l'infini v_0, car, à mesure que la résistance P augmente, le fluide est dévié vers la périphérie du disque S balayé par les pales du secteur. En nommant v la vitesse axiale du fluide dans la région amont A avoisinant le disque S, on peut admettre que

$$P = k\rho\gamma r^2 v_0^2 + k\rho(\pi - \gamma) r^2 (v_0^2 - v^2)$$

et, par conséquent,

$$\left(\frac{v}{v_0}\right)^2 = \frac{\pi}{\pi - \gamma}\left(1 - \frac{y}{k}\right). \tag{4}$$

D'autre part, en substituant l'expression (3) de $\varkappa$ dans l'équation (2) et en effectuant l'intégration le long du rayon du secteur, on a

$$y = \frac{4}{3}\pi x \frac{v}{v_0} \operatorname{tang} \frac{\gamma}{2} + 2\left(\frac{v}{v_0}\right)^2 \operatorname{tang}^2 \frac{\gamma}{2} \tag{5}$$

et, en éliminant $v : v_0$ de (4) et (5), on obtient une équation du deuxième degré en P. Si l'on admet, comme je l'avais fait dans mon premier Mémoire de 1912, qu'il existe dans la région A une circulation inverse à celle de la région ovale, le dernier membre de (2) et (5) s'annule; d'autre part, le régime des surfaces de discontinuité ne disparaissant que lorsque la vitesse angulaire du secteur atteint une certaine valeur, il faut remplacer dans (5) x par $x - a$. Avec ces hypothèses et en donnant à a la valeur 0,1 tirée de

([2]) *Théorie tourbillonnaire de l'hélice*, p. 63, Paris 1929.

l'expérience, on obtient l'équation qui a permis de tracer la courbe R de la figure. Le tronçon *ab* de cette courbe, correspondant au régime des surfaces de discontinuité, a été calculé d'après la méthode de composition des vitesses. Le point anguleux *b* est le point critique de passage d'un régime à l'autre.

Comme on peut en juger d'après la figure, la confirmation expérimentale de la théorie que j'ai développée est assez bonne.

MINÉRALOGIE APPLIQUÉE. — *Sur les kaolinites activables.* Note de M. **Jacques de Lapparent.**

Les terres argileuses formées seulement du constituant qui ressortit au groupe de la kaolinite-halloysite sont connues pour n'avoir qu'un pouvoir décolorant très faible et qui n'est à peu près pas susceptible d'être exalté par des traitements physiques ou chimiques. Ces terres sont dites inactivables.

Les terres activables à principal constituant kaolinique que j'avais jusqu'ici pu étudier m'avaient montré qu'elles étaient chargées d'une certaine quantité d'attapulgite : tel le cas des argiles sparnaciennes d'Ivry, près Paris.

Tout récemment, il m'a été communiqué une terre dont le constituant argileux appartient au seul groupe de la kaolinite et qui, d'une part, possède un pouvoir adsorbant direct assez important, et, d'autre part, réagit d'une manière excellente aux traitements activants. Elle provient, comme la terre d'Ivry, du Sparnacien du Bassin de Paris.

Son radiogramme Debye n'offre que les lignes de la kaolinite et ne la différencie pas d'autres terres à kaolinite-halloysite à peu près inactivables. Sa courbe thermique, tout en suivant à partir de 400° l'allure d'une courbe bien typique de kaolinite, offre, avant cette température, un grand crochet endothermique commençant à 110°, pointant vers 250° et agrémenté, à 280°, d'une inflexion. Ce crochet est beaucoup plus considérable que celui dont on constate l'existence dans les courbes thermiques des argiles qui unissent la kaolinite et l'attapulgite; il est, en outre, fort différent de celui qu'on observe dans les argiles constituées par l'association de kaolinite et de montmorillonite.

L'analyse chimique de la roche argileuse, réalisée de telle manière qu'on puisse, autant que faire se peut, déterminer la composition de la phyllite,

ne révèle aucune teneur en magnésie, et l'on en tire une formule qui serait celle d'une kaolinite très siliceuse et plus hydrique que la kaolinite théorique, correspondant à ces variétés de kaolinite auxquelles on réserve le nom d'anauxite.

Cela posé, on est conduit à demander à la formule de cette anauxite l'explication du haut pouvoir décolorant de la terre après son activation. Faisant alors état des remarques de B. Hendricks (¹) sur la constitution des kaolinites, nous accepterons l'idée que les kaolinites hypersiliceuses, toujours hyperhydriques, ne sont en réalité que des kaolinites hypoalumineuses dans la formule desquelles le déficit d'aluminium a pour compensation le remplacement d'une certaine quantité d'ions O par des ions OH, afin d'équilibrer les valences.

S'il en est ainsi, les couronnes de tétraèdres en SiO^4 qui, dans l'hypothèse de L. Pauling (²), contribuent à former l'armature des « sheets » de la kaolinite deviendront des couronnes de tétraèdres en $Si(O, OH)^4$. La formule structurale de la kaolinite qui s'écrit, dans la composition théorique, en phyllite à 7 angströms

$$(OH)^4.Al^2.Si^2O^5$$

deviendra

$$(OH)^4.Al^{2-x}.Si^2O^{5-x}(OH)^{3x},$$

si x est le nombre d'ions Al soustraits.

Mais alors on est ramené au cas des minéraux argileux dont la formule structurale met en évidence des tétraèdres en Si à sommets d'ions OH; et nous savons qu'il en est précisément ainsi pour les deux espèces d'argiles activables, l'attapulgite et la montmorillonite, comme je l'ai montré antérieurement (³).

La possibilité qu'ont les argiles de devenir actives par les traitements physico-chimiques, ou d'exalter leur pouvoir décolorant, est donc concomitante, *quelle que soit la nature de l'argile*, à la présentation dans leur formule structurale de l'union des ions Si à des ions OH.

Cependant, si nous pouvons envisager un schéma de la croissance de ces corps sous la forme ionique indiquée, il nous paraît vraisemblable que les formules écrites ne représentent qu'un état transitoire rapidement détruit,

---

(¹) *Zeit. f. Krist.*, 95, 1936, p. 251.

(²) *Proc. Nat. Ac. Sc. U. S. A.*, 16, 1930, p. 578.

(³) *Annales de l'Office des Combustibles liquides*, 11ᵉ année, 1936, p. 937; et *Comptes rendus*, 200, 1935, p. 527.

et que la forme actuelle des argiles en question est en réalité celle d'un édifice polyphasé, monstrueux par rapport à sa forme ionique, conservateur seulement d'une certaine carcasse originelle, et dans lequel il nous est difficile de préciser quelle est la nature de l'union des éléments de la silice et de l'eau de basse température.

AGRONOMIE. — *Intérêt que présente pour l'agriculture la mesure séparée de l'effet nutritif et de l'effet améliorant d'un apport d'engrais.* Note [1] de MM. **Henri Lagatu** et **Louis Maume**.

Appliqué sous la forme que nous avons indiquée [2], le diagnostic foliaire explicite des faits d'alimentation qui, par leur corrélation avec le développement et le rendement des plantes cultivées, touchent aux intérêts fondamentaux de la pratique culturale. Les trois couples d'observations que nous résumons ici peuvent suffire comme exemples démonstratifs de cette importante corrélation. Nous nous bornons d'ailleurs, pour abréger, à la considération de l'équilibre NPK.

Nos tableaux, pour chaque époque d'échantillonnage, contiennent en valeur numérique et en signe l'expression de l'effet améliorant; ce nombre est précédé d'un rapport de deux signes : en numérateur celui du déplacement réalisé par l'engrais (effet nutritif), et en dénominateur celui du déplacement souhaité. Le mode d'interprétation des données de ces tableaux a été indiqué dans notre précédente Note.

Optimum d'équilibre NPK *à toute époque.*

Vigne........................	$N/P^2O^5/K^2O = A_0/B_0/C_0 = 41/8/51$ [3]
Pomme de terre..............	$N/P^2O^5/K^2O = A_0/B_0/C_0 = 38/4/58$ [4]

---

[1] Séance du 8 mars 1937.
[2] *Comptes rendus*, 204, 1937, p. 535.
[3] *Comptes rendus Académie d'Agriculture*, 22, 1936, p. 363.
[4] *Comptes rendus Académie d'Agriculture*, 20, 1934, p. 631.

		Azote $\frac{X-A}{A_0-A}$.	Acide phosphorique $\frac{Y-B}{B_0-B}$.	Potasse $\frac{Z-C}{C_0-C}$.	
					Vigne Aramon sur Rupestris *à Mauguio* (*Hérault*). Fumure annuelle à l'hectare : 600^{kg} de K^2O du KCl.
I. **1929.**	10 mai.......	−/− +0,024	−/− +0,265	+/+ + 0,099	*Témoin* D. Rendement médiocre, forte bru-
	15 juin.......	−/− +0,072	−/− +0,346	+/+ + 0,156	nissure, jaunissement
	15 juillet.....	−/− +0,026	−/− +0,289	+/+ + 0,072	*Parcelle fumée* E. Rendement médiocre,
	9 septembre.	−/− +0,056	−/− +0,360	+/+ + 0,097	forte brunissure, jaunissement
II. **1934.**	11 mai.......	−/− +0,071	−/− +0,108	+/+ + 0,080	*Témoin* D. Rendement (ha) : 97^{hl}, forte
	14 juin.......	−/− +0,472	−/− +0,726	+/+ + 0,641	brunissure, jaunissement
	17 juillet.....	−/− +0,757	−/− +0,804	+/+ + 0,778	*Parcelle fumée* E. Rend[t] (ha) : 172^{hl}, belle
	9 septembre.	−/− +0,917	−/− +0,446	+/+ + 0,767	vigueur, plus de brunissure ni jaunissement
					Vigne Aramon sur Rupestris *à Mauguio* (*Hérault*). Fumure annuelle à l'hectare : 100^{kg} d'azote du nitrate de soude + 200^{kg} d'acide phosphorique du basiphosphate.
III. **1929.**	10 mai.......	+/− −0,122	+/− −0,055	−/+ − 0,099	*Témoin* **2.** Rendement (ha) : 93^{hl}, forte
	15 juin.......	−/− +0,095	+/− −0,896	−/+ − 0,138	brunissure, jaunissement
	15 juillet.....	−/− +0,032	+/− −0,055	+/+ + 0,012	*Parcelle fumée* **7.** Rendement (ha) : 93^{hl},
	9 septembre.	+/− −0,099	+/− −0,007	−/+ − 0,079	mêmes maladies
IV. **1934.**	11 mai.......	+/− −0,205	+/− −0,302	−/+ − 0,231	*Témoin* **2.** Rendement (ha) : 75^{hl}, forte
	14 juin.......	+/− −0,328	−/− +0,271	−/+ − 0,160	brunissure, jaunissement
	17 juillet.....	+/− −0,075	−/− +0,011	−/+ − 0,054	*Parcelle fumée* **7.** Rendement (ha) : 72^{hl},
	5 septembre.	−/− +0,175	−/− −0,376	+/+ + 0,220	mêmes maladies *plus accentuées*
					Pomme de terre à Montpellier. Fumure annuelle à l'hectare : 134^{kg} d'azote du sulfate d'ammoniaque.
V. **1928.**	2 mai.......	+/+ +2,261	−/− +0,568	−/+ − 2,881	Supplément de rendement de la parcelle
	22 mai.......	+/+ +0,840	−/− +0,604	−/− +23,333	fumée pour 100 du rendement du témoin :
	2 juin.......	+/+ +0,432	−/− +0,277	−/− + 1,652	Tubercules : +70,3. Partie aérienne : +27,4
	11 juin.......	+/+ +0,860	−/− +0,706	−/− + 1,115	*Témoin :* végétation médiocre
	19 juin.......	−/+ +0,954	−/− +0,733	−/− + 1,209	*Parcelle fumée :* belle végétation
VI. **1929.**	14 mai.......	+/+ +2,974	−/− +0,675	−/− + 4,826	Supplément de rendement de la parcelle
	3 juin.......	+/− −1,964	−/− +0,317	−/+ − 0,410	fumée pour 100 du rendement du témoin :
	26 juin.......	+/− −1,544	+/− −0,550	−/+ − 1,234	Tubercules : —24,3. Partie aérienne : —2,4
	9 juillet.....	+/− −2,658	+/− −0,652	−/+ − 1,846	*Témoin :* belle végétation
	24 juillet.....	+/− −1,145	+/− −0,070	−/+ − 0,762	*Parcelle fumée :* végétation médiocre

I-II. Cas d'un engrais simple exactement approprié (signe + partout) dont l'effet améliorant, malgré la très forte dose, se manifeste lentement (première année fractions insignifiantes) et favorise progressivement *à la fois* l'équilibre NPK, la santé de la plante et le rendement.

III-IV. Cas d'un engrais contre-indiqué (nombreux signes −), dont l'effet demeure pendant six ans nuisible *à la fois* à l'équilibre NPK, à la santé de la plante et au rendement.

V-VI. Cas d'un engrais simple qui, avec certaines conditions atmosphériques (1928), est exactement approprié (signes + presque partout), son effet étant fortement améliorant *à la fois* sur l'équilibre NPK, sur la vigueur de la plante et sur le rendement. Avec d'autres conditions atmosphériques (1929), le même engrais est contre-indiqué (nombreux signes −) et son effet améliorant est négatif *à la fois* sur l'équilibre NPK, sur le développement et sur le rendement. L'année suivante (1930), l'effet améliorant de 1928 s'est retrouvé, en sorte qu'on ne peut pas mettre en cause l'accumulation, d'ailleurs faible, de l'engrais.

Cette méthode de détermination et d'estimation du train alimentaire NPK d'une plante cultivée au cours de sa végétation est fondée sur la *plasticité chimique de l'individu végétal* ([5]), notion qui, évoquant tout autre chose que les différences de composition entre espèces végétales, enlève à ces différences spécifiques la fixité qu'on leur a attribuée ([6]) et révèle que dans de larges limites nous pouvons influencer l'équilibre physiologique d'un végétal, pour le bien comme pour le mal de la récolte. Cette méthode, qui à chaque époque d'échantillonnage explore les influences simultanées du sol, de l'engrais et de l'atmosphère, offre en principe et en fait des suggestions sérieuses à l'*action technique sur la physiologie de la plante en sa place culturale*, aboutissement obligatoire de toute la chimie agricole. L'emploi ainsi contrôlé des engrais peut conduire à une fumure à la fois plus économique et plus efficace, et diminuer le prix de revient des produits agricoles.

NOMINATIONS.

M. Charles Pérez est désigné pour représenter l'Académie, avec M. Gaston Julia, précédemment nommé, au *Deuxième centenaire* de la fondation de l'*Université de Göttingen*.

M. Em. de Margerie est désigné pour représenter l'Académie, avec les délégués précédemment nommés, à l'Assemblée générale du *Conseil international des Unions scientifiques*, à Londres, du lundi 26 avril au mardi 4 mai 1937.

([5]) Nous avons été les premiers à employer, en contradiction avec les données alors classiques, l'expression de *plasticité chimique*, et c'est dans le sens précis de *variation individuelle quant aux rapports physiologiques* (*Comptes rendus*, 184, 1927, p. 229).

([6]) Voir *Comptes rendus*, 197, 1933, p. 1558.

CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

University of London 1836-1936. *Centenary Commemorate Volume June* 27[th]- *July* 3[rd] 1936.

THÉORIE DES NOMBRES. — *Séries de puissances à coefficients p-adiques.* Note de M. **Claude Chabauty**, présentée par M. Élie Cartan.

Soit p un nombre naturel premier, K_p le corps des nombres p-adiques, K_p^* une extension minimale algébriquement fermée de K_p. Elle est algébrique sur K_p et l'on peut y définir une valeur absolue non archimédienne pour laquelle tout sous-corps de K_p^*, algébrique fini sur K_p est localement compact. Soit $\mathfrak{I}_n$ l'anneau d'intégrité formé par les séries

$$A = \sum_{h_i=0}^{+\infty} a_{h_1,\ldots h_n} x_1^{h_1}\ldots x_n^{h_n},$$

chacune étant supposée converger au voisinage de l'origine, et avoir ses coefficients dans une extension algébrique finie de K_p.

Si $A(0, \ldots, 0, x_n) \not\equiv 0$, A est dit régulier en x_n, de degré l, l étant l'exposant de la plus petite pure puissance de x_n à coefficient non nul dans A.

Formule de Weierstrass [1]. — *Soit* F *un élément de* $\mathfrak{I}_n$, *régulier en* x_n *de degré* l, *à tout élément* A *de* $\mathfrak{I}_n$ *correspondent des éléments* B *et* C, *uniquement déterminés*, C *polynome en* x_n *de degré* $\leqq l - 1$, *tels que* $A = FB + C$.

Avec, au besoin, un changement de variables $x'_i = x_i/m$, $(i = 1, \ldots, n-1)$, $x'_n = x_n/m_n$, m, m_n et m/m_n suffisamment petits, on peut supposer que A et F ont des coefficients qui tendent vers zéro avec la hauteur de leur indice, et que le coefficient de x_n^l dans F soit plus grand que tous les autres coefficients de F.

Dans K'_p, l'extension mininale de K_p contenant les coefficients de A et F,

(1) Pour le corps des nombres complexes comme corps de base, voir H. Späth, *Journ. de Crelle,* **161**, 1929, p. 95.

tout nombre α a une représentation unique $\alpha = \pi^q \varepsilon$, π étant un nombre convenable de K'_p, ε une unité de K'_p, q un entier rationnel $\gtrless 0$, et $\|\alpha\| = e^q$, q étant une constante numérique entre 0 et 1. On a donc

$$F = \pi^h \left(\varepsilon_0 x_n^l + \sum_{q=1}^{+\infty} \pi^q f_q \right), \qquad A = \pi^{h'} \sum_{q=0}^{+\infty} \pi^q a_q,$$

les a_q, f_q étant des *polynomes* en $x_1, \ldots, x_n$, leurs coefficients et le nombre ε_0 étant des unités de K'_p.

Ne distinguant pas G et αG, nous pouvons supposer $h = h' = 0$, $\varepsilon_0 = 1$.

Supposons les éléments inconnus B et C à coefficients dans K'_p, on peut les écrire

$$B = \sum_{q=-\infty}^{+\infty} \pi^q b_q, \qquad C = \sum_{q=-\infty}^{+\infty} \pi^q c_q,$$

b_q et c_q étant des éléments de J_n à coefficients unités de K'_p, les c_q étant des polynomes en x_n de degré $\leqq l - 1$.

L'identité $A = FB + C$ se développe en une infinité de congruences module π^q. Pour q négatif, elles montrent que b_q, c_q sont identiquement nuls.

$A = FB + C\ (\pi)$ donne $a_0 = x_n^l b_0 + c_0$; en tenant compte de cela, $A = FB + C\ (\pi^2)$ donne $a_1 - f_1 b_0 = x_n^l b_1 + c_1$, et l'on démontre facilement par récurrence qu'on obtient successivement les paires b_q, c_q, comme quotient et reste de la division, suivant les puissances décroissantes de x_n, par x_n^l, d'éléments de $\mathcal{J}_n$ précédemment calculés, qui sont à coefficients unités dans K'_p, et qui sont des polynomes en x_n.

Les séries formelles ainsi obtenues, B et C satisfont formellement à l'identité donnée et ont les formes requises. On voit facilement qu'elles convergent au voisinage de l'origine et qu'elles sont uniques.

La formule de Weierstrass, appliquée à la fonction $A = x_n^l$, donne, pour les éléments réguliers de $\mathcal{J}_n$, le *lemme de Weierstrass* classique ([2]), et par conséquent le *théorème de l'inversion* pour la fonction $x_n(x_1, \ldots, x_{n-1})$ définie par $A = 0$, A étant un élément de I_n tel que $A = 0$ et $\partial A / \partial x_n \neq 0$ à l'origine. Mais, en outre, elle rend valide pour les idéaux de $\mathcal{J}_n$ les démonstrations faites par W. Ruckert ([3]), dans le cas où le corps de base est le corps des nombres complexes.

([2]) TH. SKOLEM, *Math. Ann.*, **111**, 1936, p. 399.

([3]) *Math. Ann.*, **107**, 1932, p. 259.

En effet, la formule de Weierstrass permet de montrer que dans $\mathcal{J}_n$ tout idéal a une base finie et par conséquent peut se représenter comme intersection d'un nombre fini d'idéaux primaires.

$\mathfrak{p}$ étant un idéal premier de $\mathcal{J}_n$, Λ_n le corps quotient de $\mathcal{J}_n/\mathfrak{p}$, Λ_k le corps quotient de $\mathcal{J}_k$, on a $\Lambda_n \cong \Lambda_k(\omega)$, ω étant un élément algébrique sur $\mathcal{J}_k$.

On en déduit, pour la variété des zéros au voisinage de l'origine d'un idéal $\mathfrak{a}$ de $\mathcal{J}_n$, une *décomposition unique en variétés irréductibles*, chacune d'elles admettant au voisinage de l'origine, pour ses points non spéciaux, une *représentation paramétrique*

$$x_{k+i} = \frac{P_i(x_1, \ldots, x_k, \omega)}{D(x_1, \ldots, x_k)},$$

ω satisfaisant à $h(\omega) = \omega^\rho + h_1 \omega^{\rho-1} + \ldots + h_\rho = 0$, les h_i étant des éléments de $\mathcal{J}_k$, D le discriminant de $h(\omega)$, les P_i des polynomes en ω de degré $\leqq \rho - 1$ à coefficients dans $\mathcal{J}_k$. Tout point de la variété suffisamment voisin de l'origine et pour lequel $D(x_1, \ldots, x_k) \neq 0$ est ainsi obtenu et tout système de valeurs des $x_1, \ldots, x_k$ dans K_p^* suffisamment petites satisfaisant à $D(x_1, \ldots, x_k) \neq 0$ donne ρ points de la variété.

CALCUL DES PROBABILITÉS. — *L'arithmétique des lois de probabilité et les produits finis de lois de Poisson.* Note de M. **Paul Lévy**, présentée par M. J. Hadamard.

Une loi de probabilité $\mathcal{L}$ est un produit de N lois de Poisson si sa fonction caractéristique est de la forme $\varphi(z) = \exp.\, \Sigma a_k(e^{i\sigma_k z} - 1)$, où $k = 1, 2, \ldots, N$, les σ_k étant réels et les a_k positifs. D'après des résultats récemment obtenus par M. Raikoff, pour qu'une telle loi admette des diviseurs indécomposables, il faut, d'une part, qu'il existe entre les σ_k au moins une relation de la forme $\Sigma h_k \sigma_k = 0$, les h_k étant des entiers de signes quelconques, d'autre part, si tous les σ_k sont du même signe, que le plus grand des $|\sigma_k|$ dépasse le double du plus petit.

L'objet de la présente Note est de donner la condition nécessaire et suffisante de l'existence de tels diviseurs dans le cas où il existe un nombre σ tel que tous les σ_k/σ soient des entiers positifs. Alors, en posant $x = \exp.\, i\sigma z$, $\log\varphi(z)$ est de la forme $P(x) - P(1)$, $P(x)$ étant un polynome sans terme constant et dont les coefficients sont les nombres positifs a_k. On montre aisément que, pour n'importe quelle loi $\mathcal{L}_1$ divisant $\mathcal{L}$, $\varphi_1(z)$ étant sa fonction caractéristique, $\log\varphi_1(z)$ est de la

forme $miz + P_1(x) - P_1(1)$, $P_1(x) = \log F_1(x)$ étant un polynome. Mais il peut arriver que $P_1(x)$ ait des coefficients négatifs; si, dans ce cas, la série entière qui représente $F_1(x)$ n'en a pas, $\varphi_1(z)$ sera une fonction caractéristique, définissant une loi qui n'est pas infiniment divisible; elle aura donc des diviseurs indécomposables. L'étude des signes des termes des séries entières représentant des exponentielles de polynomes conduit alors au résultat suivant :

Théorème. — *Pour que la loi $\mathcal{L}$ définie par le polynome à coefficients non négatifs $P(x)$ admette un diviseur indécomposable, il faut et il suffit qu'il existe au moins un nombre entier positif q tel que : 1° il existe dans $P(x)$ des termes non nuls dont les degrés soient supérieurs à q et aient un p. g. c. d. divisant q; 2° il existe dans $P(x)$ un ou plusieurs termes non nuls dont les degrés $p_1, p_2, \ldots$, soient inférieurs à q, et tels que q soit de la forme $\Sigma h_i p_i$, les h_i étant des entiers non négatifs. Si ces conditions sont vérifiées, $\mathcal{L}$ admet même des diviseurs indécomposables dépendant d'une manière continue d'au moins trois paramètres.*

Ces conditions impliquent que $P(x)$ contienne au moins trois termes. Elles sont vérifiées par exemple pour $P(x) = \alpha x^p + \beta x^{2p+1} + \gamma x^{2p+2}$; il n'y a qu'à prendre $q = 2p$; p étant arbitrairement grand, on voit que, dans la seconde condition de M. Raikoff, deux ne peut pas être remplacé par un nombre plus grand. Le polynome $P_1(x) = \alpha' x^p - cx^{2p} + \beta' x^{2p+1} + \gamma' x^{2p+2}$ ($\alpha', c, \beta', \gamma'$ positifs), définit une loi $\mathcal{L}_1$ indécomposable si c est égal à une fonction convenablement déterminée de α', β', γ' et divise $\mathcal{L}$ si $\alpha' \leqq \alpha, \beta' \leqq \beta, \gamma' \leqq \gamma$.

De ce théorème on déduit aisément des exemples qui répondent à des questions posées dans une Note antérieure ([1]), et cela, pour une de ces questions, dans le sens opposé à celui que j'avais cru probable :

1° Il peut arriver qu'une loi dont la fonction caractéristique est une fonction entière sans racine ne soit pas indéfiniment divisible, et, si elle l'est, qu'elle ait des diviseurs indécomposables.

2° Quels que soient les entiers $N \geqq 3$ et $n \geqq 2$, il peut arriver qu'une même loi soit à la fois le produit de N lois de Poisson et de n lois indécomposables (M. Raikoff a déjà indiqué un exemple analogue, mais avec des produits infinis).

3° Une même loi peut être de plusieurs manières différentes le produit

---

([1]) Page 80 du présent volume; dans l'avant-dernière formule de cette Note (p. 82), il faut lire au second membre $(1 + x^3)$ au lieu de $(1 + x^2)$; deux lignes plus haut, au lieu de $(\alpha!\, b!\ldots)$, il faut lire $(\alpha!\, \beta!\ldots)$.

d'une loi de Poisson par une loi indécomposable, et d'une infinité de manières le produit d'une loi indécomposable par un produit de lois de Poisson sans diviseur indécomposable.

Au sujet du cas où les σ_h sont quelconques, j'indique simplement qu'un produit de deux lois de Poisson n'admet jamais de diviseur indécomposable, et que, pour un produit de N lois ($N > 2$), l'existence de diviseurs indécomposables ne dépend que des relations linéaires, homogènes, et à coefficients entiers qui existent entre les σ_k.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur la dérivabilité de certaines fonctions représentées par une intégrale.* Note de Mlle **Britt Ravulac**, présentée par M. Jacques Hadamard.

M. Daniel Dugué construit (1), en vue du calcul des probabilités, un exemple de dérivabilité : pour $t = 0$ la fonction

$$f(t) = \int_2^{+\infty} (\cos tx)\, x^{-2} (\log x)^{-\alpha}\, dx$$

a une dérivée nulle.

En assouplissant sa méthode nous donnons des critères qui permettent en fait d'obtenir les nombres dérivés à droite (et par suite à gauche) de la fonction caractéristique d'une loi de probabilités à densité dans tous les cas usuels symétriques. On ramène avec M. Dugué le problème au suivant :

Soit $\varphi(x)$ définie pour $1 \leqq x < +\infty$ telle que l'intégrale de Lebesgue

$$\int_1^{+\infty} x^{-2}\, \varphi(x)\, dx$$

ait un sens. Pour toute valeur de t la fonction

$$f(t) = \int_1^{+\infty} (\cos tx)\, x^{-2}\, \varphi(x)\, dx$$

est alors définie. Dans le cas où le premier moment $\int_1^{+\infty} x^{-1}\, \varphi(x)\, dx$ existe, $f(t)$ a pour $t = 0$ une dérivée nulle. Les résultats suivants sont beaucoup plus précis :

1° *Les deux nombres dérivés à droite de $f(t)$ en $t = 0$ sont non positifs.*

(1) *Comptes rendus*, 204, 1937, p. 317.

Soit alors d le nombre dérivé inférieur, D le nombre supérieur, et I le nombre négatif fini $\int_0^{+\infty} u^{-2}(\cos u - 1)\,du$.

2° *a. Si dans* $(1, +\infty)$ *on a* $\varphi(x) \leqq M$, *on a aussi* $d \geqq MI > -\infty$.

b. Si en outre $\lim_{x=+\infty} \varphi(x) = 0$, *on a* $d = D = 0$ (*dérivée nulle à droite*).

3° *a. Si dans* $(1, +\infty)$ *on a* $\varphi(x) \geqq m$, *on a* $D \leqq mI < 0$.

b. Si en outre $\lim_{x=+\infty} \varphi(x) = +\infty$ *on a* $d = D = -\infty$.

4° *a. Si* $0 < m \leqq \varphi(x) \leqq M < +\infty$ *et si* $\lim_{x=+\infty} \varphi(x) = L \neq 0$ *on a* $d = D = LI$ (dérivée finie à droite).

b. Si m *et* M *sont les bornes exactes, on peut avoir effectivement à la fois* $d = MI$ et $D = mI$.

Par le changement de variable $tx = u$ on arrive facilement à

$$f^*(t) = t^{-1}[f(t) - f(0)] = \int_t^{+\infty} \varphi\left(\frac{u}{t}\right) u^{-2}(\cos u - 1)\,du,$$

dont les limites d'indétermination pour $t \to 0$ sont les nombres dérivés cherchés. Il est d'abord clair que f^* est essentiellement négatif. D'où

1° Supposons alors $\varphi(x) < M$. On a

$$f^*(t) \geqq M \int_t^{+\infty} u^{-2}(\cos u - 1)\,du,$$

ce qui lorsque $t \to 0$ fournit l'inégalité limite $d = \underline{\lim}\, f^*(t) \geqq MI$, d'où

2° *a*. Supposons en outre $\lim_{x=+\infty} \varphi(x) = 0$ et écrivons

$$0 > f^*(t) = \int_t^{\sqrt{t}} \varphi\left(\frac{t}{u}\right) u^{-2}(\cos u - 1)\,du + \int_{\sqrt{t}}^{+\infty} \varphi\left(\frac{u}{t}\right) u^{-2}(\cos u - 1)\,du.$$

Dans la première intégrale nous majorons φ par M. Dans la deuxième, u/t varie de $1/\sqrt{t}$ à $+\infty$. En sorte que pour t assez petit, φ sera majoré par ε arbitraire; d'où la minoration

$$f^*(t) \geqq M \int_t^{\sqrt{t}} u^{-2}(\cos u - 1)\,du + \varepsilon \int_t^{+\infty} u^{-2}(\cos u - 1)\,du.$$

Lorsque t (et par suite $\sqrt{t}$) tendra vers 0, la première intégrale tend vers 0, la seconde vers I. D'où

$$d = \underline{\lim}\, f^*(t) \geqq \varepsilon I,$$

et comme ε est arbitrairement petit et I fixe on aura $d = 0$.

D'une manière complètement analogue on étudierait 3° a et b en remplaçant les minorantes par des majorantes. Pour 4° a on prend à la fois une minoration et une majoration, car pour u/t assez grand φ s'encadre par $L+\varepsilon$ et $L-\varepsilon$.

Construisons maintenant un exemple avec deux nombres dérivés distincts et ayant l'écart maximum possible d'après 2° a et 3° a.

Posons

$$\varphi(x) = M_n \quad \text{si} \quad e^{3^{4n}} \leqq x \leqq e^{3^{4n+1}} \quad (n \text{ entier quelconque}),$$
$$\varphi(x) = m_n \quad \text{si} \quad e^{3^{4n+2}} \leqq x \leqq e^{3^{4n+3}},$$

$\varphi(x)$ égal à une interpolation linéaire dans les intervalles restants, avec $M_n > m_n$, la suite M_n croissante et de limite M, la suite m_n décroissante et de limite m. Prenons pour t la suite $t_n = e^{-2.3^{4n}}$, on aura

$$f^*(t_n) = \int_{e^{-2.3^{4n}}}^{+\infty} \varphi(u e^{2.3^{4n}})\, u^{-2}(\cos u - 1)\, du.$$

Et pour u dans l'intervalle $(e^{-3^{4n}}, e^{3^{4n}})$, φ est constant et égal à M_n. Alors

$$f^*(t_n) = \int_{e^{-2.3^{4n}}}^{e^{-3^{4n}}} \varphi\left(\frac{u}{t_n}\right) u^{-2}(\cos u - 1)\, du$$
$$+ M_n \int_{e^{-3^{4n}}}^{e^{3^{4n}}} u^{-2}(\cos u - 1)\, du + \int_{e^{3^{4n}}}^{+\infty} \varphi\left(\frac{u}{t_n}\right) u^{-2}(\cos u - 1)\, du.$$

φ étant majorable, les termes extrêmes tendent vers o, le terme moyen tend vers MI. Donc d vaut effectivement MI. Si au contraire on avait pris pour t_n la suite $e^{-2.3^{4n+2}}$ on aurait eu convergence de f^* vers mI; donc on a bien $D = m$I.

CALCUL DES VARIATIONS. — *Nouvelle démonstration de l'équation d'Euler-Lagrange.* Note de M. **Karl Menger**, présentée par M. Élie Cartan.

La démonstration classique de l'équation d'Euler due à Lagrange considère, pour une courbe donnée $y = x(x)\,(x_0 \leqq x \leqq x_1)$, toutes les familles $y(x) + \varepsilon\eta(x)$ dépendant d'un paramètre, quelle que soit la fonction $\eta(x)$ pourvu qu'elle s'annule pour x_0 et x_1. La démonstration introduit donc une famille dépendant d'une fonction continue de fonctions dépendant d'un paramètre. C'est par une intégration partielle et l'application d'un lemme fondamental qu'on arrive à cette démonstration ingénieuse de l'équation.

En voici une nouvelle démonstration qui ne se sert pas de ces méthodes analytiques et dont chaque partie, par contre, est susceptible d'une interprétation géométrique assez intuitive. Nous considérons le problème sous la forme paramétrique de Weierstrass dans le plan. Notre méthode s'applique de même à la forme ordinaire et aux espaces euclidiens à un nombre de dimensions quelconque.

Soit $F(x, y, \cos\vartheta, \sin\vartheta)$ une fonction donnée et L_0 un élément linéaire orienté. Nous choisissons le système des coordonnées de façon que L_0 passe par l'origine $o = (0, 0)$ dans la direction $\vartheta = 0$. Soit $p = (2\alpha, 2\beta)$ un point dont l'abscisse 2α soit très petite et dont l'ordonnée 2β soit petite, même comparée avec 2α. Pour chaque nombre réel $\varkappa$, nous déterminons le point $p_\varkappa = (\alpha_\varkappa, \beta_\varkappa)$ à distances égales de o et p tel que le cercle passant par $o, p_\varkappa$ et p ait la courbure $\varkappa$ (c'est-à-dire le rayon $1/\varkappa$). Appelons $h_\varkappa$ l'angle formé par les segments op et $op_\varkappa$ et $\Delta_\varkappa$ la longueur des segments $op_\varkappa$ et $p_\varkappa p$. Nous avons alors les formules approximatives suivantes :

$$\alpha_\varkappa = \alpha + \frac{\varkappa\alpha\beta}{2}, \qquad \beta_\varkappa = \beta - \frac{\alpha^2\varkappa}{2}, \qquad h_\varkappa = -\frac{\varkappa\alpha}{2}, \qquad \Delta_\varkappa = \alpha + \frac{\varkappa^2\alpha^2}{8},$$
$$\cos(\vartheta_0 \pm h_\varkappa) = 1 \pm \frac{\varkappa\beta}{2} - \frac{\varkappa^2\alpha^2}{8}, \qquad \sin(\vartheta_0 \pm h_\varkappa) = \beta\left(\alpha \mp \frac{\varkappa\alpha}{2} - \frac{\varkappa^2\alpha\beta}{8}\right),$$

où $\vartheta_0 = \operatorname{arctang}(\beta/\alpha)$. Nous déterminons maintenant la valeur de $\varkappa$ pour laquelle l'expression

$$E_\varkappa(\alpha) = \Delta_\varkappa \{ F[0, 0, \cos(\vartheta_0 + h_\varkappa), \sin(\vartheta_0 + h_\varkappa)] + F[\alpha_\varkappa, \beta_\varkappa, \cos(\vartheta_0 - h_\varkappa), \sin(\vartheta_0 - h_\varkappa)] \},$$

atteint une valeur extrême (maximum ou minimum). Substituant pour les deux valeurs de F dont la somme est égale à $E_\varkappa/\Delta_\varkappa$ leurs séries par rapport au système de variables $(\alpha_\varkappa, 0, 1, 0)$ et usant les formules approximatives mentionnées on obtient

$$E_\varkappa(\alpha) = \left(\alpha + \frac{\varkappa^2\alpha}{8}\right)\left[2F + \frac{\varkappa\alpha^2(F_{xy'} - F_y)}{2} + \frac{\varkappa^2\alpha^2(F_{y'y'} - F_{x'})}{4}\right]$$
$$= \alpha\left[2F + \frac{\varkappa\alpha^2(F_{xy'} - F_y)}{2} + \frac{\varkappa^2\alpha^2(F_{y'y'} - F_{x'} + F)}{4}\right],$$

où F et ses dérivées sont prises pour $(\alpha_\varkappa, 0, 1, 0)$. Pour obtenir cette formule il suffit de négliger dans les coefficients de $\varkappa, \varkappa^2, \varkappa^3, \ldots$ les termes qui contiennent des facteurs d'un ordre de grandeur inférieur à α^2, comme $\alpha^3, \alpha\beta, \beta^2, \ldots$. On voit que les coefficients de toutes les puissances $\varkappa^3, \varkappa^4, \ldots$ ont des facteurs négligeables. Des termes indépendants

de $\varkappa$ nous avons négligé tout ce qui dans l'ordre de grandeur ne surpasse pas α, c'est-à-dire tout sauf $2F$. Pour $\cos\vartheta = 1$, $\sin\vartheta = 0$ on a $F = F_{x'}$ et $F_{y'} = F_{yx'}$, et, par conséquent,

$$E_{\varkappa}(\alpha) = \alpha\left[2F + \frac{\varkappa\alpha^2(F_{xy'} - F_{yx'})}{2} + \frac{\varkappa^2\alpha^2 F_{y'y'}}{4}\right].$$

$E_{\varkappa}(\alpha)$ atteint une valeur minimale (maximale) si le nombre $F_{y'y'}(\alpha_{\varkappa}, 0, 1, 0)$ est positif (négatif), notamment pour la valeur $\varkappa_{\alpha} = (F_{xy'} - F_{yx'})/F_{y'y'}$. Si le nombre α donné tend vers zéro, $\varkappa_{\alpha}$ tend vers $\varkappa_0 = (F_{xy'} - F_{yx'})/F_{y'y'}$, les fonctions étant prises pour $(0, 0, 1, 0)$.

Il n'y a aucune difficulté à déduire de ce résultat que toute courbe $C = \{x(t), y(t)\}$ passant par l'élément linéaire L_0 et y admettant une courbure à droite doit avoir la courbure à droite $\varkappa_0$, c'est-à-dire satisfaire à l'équation d'Euler si l'intégrale de F atteint une valeur extrême pour C.

Pour démontrer, dans le calcul des variations, des théorèmes d'existence extrêmement généraux [1], j'ai fait correspondre à chaque intégrant $F(x, y, x', y')$ une métrique auxiliaire du plan euclidien en prenant comme distance des points (x_0, y_0) et (x_1, y_1) leur distance euclidienne multipliée par $F(x_0, y_0, x_1 - x_0, y_1 - y_0)$. Les courbes minimisantes du problème variationnel sont les géodésiques dans cette métrique auxiliaire. Dans ce qui précède, nous avons déterminé pour deux points donnés un triangle isocèle pour lequel la somme des longueurs des côtés dans cette métrique est extrême. C'est pourquoi toute notre argumentation est valable pour des espaces beaucoup plus généraux que les espaces euclidiens. Dans ces espaces généraux l'équation d'Euler est remplacée par des relations entre les indicatrices des points voisins dont la convexité projective correspond à la condition de Legendre $F_{y'y'} \geqq 0$.

Voici une autre démonstration de l'équation d'Euler, intermédiaire, pour ainsi dire, entre la démonstration précédente et la démonstration de Lagrange : soit $C = \{x(t), y(t)\}$ une courbe pour laquelle l'intégrale de F atteint une valeur extrême. Soit $p_0 = [x(t_0), y(t_0)]$ un point donné de C dans lequel C admet une tangente à droite et une courbure à droite. Joignons pour un nombre fixe $\tau > 0$ le point p_0 avec le point $p_{\tau} = [x(t_0 + \tau), y(t_0 + \tau)]$ par tous les cercles possibles et appelons $\varkappa(\tau)$ la courbure de celui pour lequel l'intégrale atteint sa valeur extrême. Il est aisé de voir que $\varkappa(\tau)$ tend vers la courbure eulérienne $\varkappa_0$ si τ tend vers O. Si C avait une courbure à

(1) *Comptes rendus*, 201, 1935, p. 705; 202, 1936, p. 1007 et 1648.

droite différente de x_0 on parviendrait immédiatement à une contradiction avec l'hypothèse que l'intégrale atteint sa valeur extrême pour C. Sous cette forme la démonstration se sert d'une famille de courbes dépendant de deux paramètres pour chaque point, donc, en somme, d'une seule famille de courbes dépendant de trois paramètres réels.

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Un théorème relatif aux directions de Borel des fonctions méromorphes d'ordre fini.* Note de M. **Chi-Tai Chuang**, présentée par M. Émile Borel.

1. Dans le même ordre d'idées que dans une Note précédente (¹), j'ai établi le théorème suivant :

I. *Soit Δ une direction de Borel d'ordre ρ d'une fonction méromorphe $f(z)$ d'ordre fini positif ρ. Si $f(z)$ admet deux valeurs exceptionnelles a, b ($a \neq b$) au sens de Borel dans un angle contenant Δ à son intérieur, alors Δ sera aussi une direction de Borel d'ordre ρ de la dérivée $f'(z)$ de $f(z)$.*

Supposons d'abord $a = 0$, $b = \infty$ et considérons une suite de cercles de remplissage C_p de $f(z)$ pour la direction Δ. On démontre, au moyen de la formule de Jensen et d'une inégalité de Nevanlinna (²), le lemme suivant :

z_p et r_p étant respectivement le centre et le rayon de C_p, si $r_p \geqq |z_p|^{1-\rho+\alpha}$ ($0 < \alpha < \rho$), les expressions

$$n\left(C_p, \frac{f'}{f} = \infty\right), \quad n\left(C_p, \frac{f'}{f} = 0\right), \quad \frac{1}{\pi r_p^2} \iint_{(C_p)} \overset{+}{\log}\left|\frac{f'}{f}\right| ds, \quad \frac{1}{\pi r_p^2} \iint_{(C_p)} \overset{+}{\log}\left|\frac{f}{f'}\right| ds$$

seront d'ordre inférieur à ρ.

Ensuite, en appliquant un théorème de Rauch (³), compte tenu de l'identité $f' = (f'/f)f$, et à l'aide d'un théorème de Milloux (⁴), on trouve une suite de cercles de remplissage de $f'(z)$ pour Δ. On passe au cas général et établit le théorème I, en effectuant sur $f(z)$ une transformation homographique.

De la même manière, on peut démontrer un théorème analogue qui généralise un théorème donné par M. Rauch (⁵) pour les fonctions méromorphes.

(¹) *Comptes rendus*, 204, 1937, p. 404.

(²) *Le théorème de Picard-Borel*, Paris, p. 61.

(³) *Journ. de Math.*, 98, 1933, p. 129.

(⁴) *Acta Math.*, 52, 1928, p. 202.

(⁵) *Comptes rendus*, 199, 1934, p. 1014.

2. Le lemme restera vrai, si, au lieu de l'hypothèse que $f(z)$ admet les valeurs exceptionnelles o, ∞ au sens de Borel dans un angle contenant Δ, on suppose seulement que $n(\nu C_\rho, f = 0)$ et $n(\nu C_\rho, f = \infty)$ sont d'ordre inférieur à ρ quel que soit $\nu(\nu > 0)$. Ceci permet d'établir que :

II. *Si dans le théorème* I *l'une des valeurs a, b est infinie, Δ sera aussi une direction de Borel d'ordre ρ de toutes les dérivées successives $f^{(n)}(z)(n \geqq 1)$ de $f(z)$.*

MÉCANIQUE DES FLUIDES. — *Méthode approchée de calcul des cellules multiplanes infinies en courant plan.* Note (¹) de MM. **Albert Toussaint** et **Svetopolk Pivko**, présentée par M. Henri Villat.

Considérons des cellules multiplanes infinies (le rotor développé des turbines axiales, des pompes, etc.), et choisissons le centre du profil d'un élément initial pour l'origine d'axes de coordonnées. Nous avons montré (²) qu'à un profil d'aile de forme usuelle, on peut substituer un système de remplacement quasi ponctuel, comportant un tourbillon (Γ) et trois doublets orientés (k_1, k_2 et k_3), situés au centre du profil.

Remplaçons tous les éléments du multiplan infini par ce système de remplacement, et recherchons la vitesse d'interaction de ces éléments, induite au *centre du profil initial.* Nous obtenons, après un court calcul,

$$w_i = u_i - iv_i = -\frac{1}{3}\frac{\pi^2}{h^4}\{[(a^2-b^2)k_1 + 2ab(k_2+k_3)] + i[2abk_1 - (a^2-b^2)(k_2+k_3)]\},$$

où

$$k_1 = V_0\frac{l^2}{8}\eta e, \qquad k_2 = V_0\frac{l^2}{8}\alpha(1+\eta e) \qquad \text{et} \qquad k_3 = \frac{\Gamma l \eta e}{8\pi}$$

sont les intensités des doublets de remplacement (²); $a = h\cos\theta$, $b = h\sin\theta$; h et θ étant respectivement l'écartement et le décalage angulaire des éléments du multiplan.

La composante u_i qui contribue quelque peu à la modification de la vitesse V_0, peut être pratiquement négligée. La composante verticale

$$v_i = \frac{1}{3}\frac{\pi^2}{h^4}[2ab.k_1 - (a^2-b^2)(k_2+k_3)]$$

(¹) Séance du 8 mars 1937.

(²) *Comptes rendus*, 202, 1936, p. 1753.

est dirigée vers le haut et provoque une modification de l'incidence locale, soit $\Delta\alpha \approx v_i/V_0$. Remplaçons k_1, k_2, k_3, a et b par leurs valeurs. Nous obtenons $\Delta\alpha = \alpha_0 m + n$, avec

$$m = \frac{(1+2\eta e)\cos 2\theta}{24\left(\frac{h}{\pi l}\right)^2 - \eta e \cos 2\theta} \quad \text{et} \quad n = \frac{\eta e \sin 2\theta}{24\left(\frac{h}{\pi l}\right)^2 - \eta e \cos 2\theta}.$$

Par conséquent, la sustentation unitaire d'un élément du multiplan infini est de la forme

$$C_z = \frac{R_z}{\frac{\rho}{2} l V_0^2} = 2\pi(1+\eta e) V_0(\alpha_0 + \Delta\alpha) = C_{z0}\left(1 + \frac{\Delta\alpha}{\alpha_0}\right),$$

en désignant par l'indice (o) les valeurs relatives à un profil isolé.

Application numérique. — Nous avons calculé la sustentation unitaire C_z pour le cas particulier :

$$\eta e = 0,0396, \qquad C_{z0} = 0,492, \qquad \alpha_0 = 4°,2 \qquad \text{pour } \theta = 16° \text{ et } 22°.$$

Le tableau ci-après donne les résultats de ces calculs ainsi que la comparaison avec les $C_{z(\text{mes.})}$ déduits d'expériences (³).

	$\theta = 16°$.			$\theta = 22°$.		
l/h.	C_z.	$C_{z(\text{mes.})}$.	C'_z.	C_z.	$C_{z(\text{mes.})}$.	C'_z.
0,50......	0,553	0,691	0,616	0,550	0,601	0,595
0,70......	0,612	0,757	0,755	0,605	0,634	0,714
0,85......	0,671	0,907	0,953	0,663	0,741	0,883
1,00......	0,741	1,140	1,293	0,729	0,810	1,110

On voit que les formules simples précédentes pourraient donner une approximation suffisante pour les applications usuelles. A titre de comparaison, nous donnons aussi les valeurs de C'_z, calculées d'après une méthode plus complète et laborieuse (⁴).

(³) LANGER, *Untersuchungen über Druckverteilungen an gestaffelten Flügelgittern, Ergebnisse der Aerodynamischen Versuchsanstalt zu Göttingen,* 3ᵉ Lieferung, 1927, p. 132.

(⁴) TOUSSAINT, *Comptes rendus,* 200, 1935, p. 206.

MÉCANIQUE APPLIQUÉE. — *Classification des combustibles lourds; relation entre le nombre de cétène et le délai d'allumage.* Note [1] de MM. **Paul Dumanois** et **Georges Desbrosse**, présentée par M. Aimé Cotton.

L'étude des photographies de la flamme obtenues avec la machine à classer les combustibles, construite par M. Clerget [2] et expérimentée en utilisant la chambre de combustion à fenêtres et la méthode d'enregistrement de M. Duchêne [3], nous a permis de constater que la courbe des délais d'allumage α, comptés à partir du début de l'injection, en fonction du nombre de cétène n, est une hyperbole équilatère :

$$n(\alpha-\delta)=\mathrm{C},$$

C étant une constante et δ un temps (ou un angle de manivelle) différent de o correspondant à $n\infty$; δ et C dépendent des conditions de l'expérience.

En posant $\mathrm{N}=1/n$, l'expression du délai d'allumage prend la forme linéaire

$$\alpha=\delta+\mathrm{CN}.$$

Nous indiquons sur la figure ci-contre quelques résultats d'essais obtenus en faisant varier l'avance à l'injection et la vitesse du moteur :

Les droites représentatives se coupent toutes au voisinage d'un point correspondant au point mort haut et $n=50$.

D'autre part, en mélangeant en parties égales deux gas-oils de nombres de cétène n_1 et n_2 dont les délais respectifs d'allumage sont α_1 et α_2, nous trouvons, pour le délai α du mélange,

$$\frac{2}{\alpha-\delta}=\frac{1}{\alpha_1-\delta}+\frac{1}{\alpha_2-\delta},$$

En tenant compte du fait que

$$n(\alpha-\delta)=n_1(\alpha_1-\delta)=n_2(\alpha_2-\delta),$$

n désignant le nombre de cétène du mélange, on vérifie bien que

$$n=\frac{n_1+n_2}{2}.$$

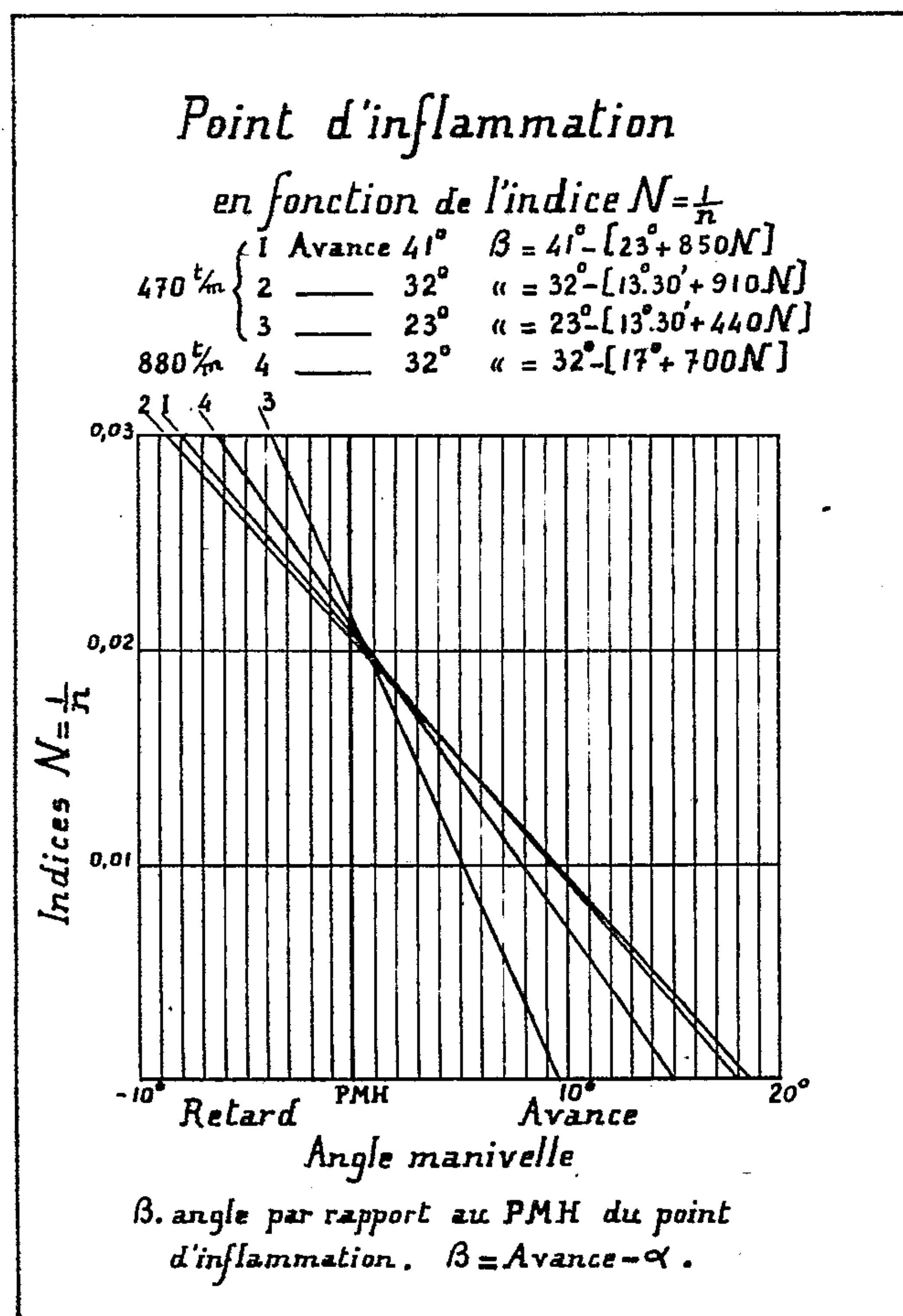
(1) Séance du 15 mars 1937.

(2) *Comptes rendus*, 204, 1937, p. 658.

(3) *Comptes rendus*, 201, 1935, p. 879.

Il y a là un accord complet entre la classification obtenue par le nombre de cétène et la mesure directe réalisée par le moteur de M. Clerget.

MM. Boerlage et Broèze ont montré que, pour un nombre de cétène



β. angle par rapport au PMH du point d'inflammation. β = Avance − α.

donné, le délai d'allumage α était relié à la pression p régnant dans le cylindre au début de l'allumage, par la loi

$$\alpha p = \text{const.}$$

Il est intéressant de remarquer que, pour une pression de remplissage constante, la relation qui lie le nombre de cétène au délai d'allumage est de la même forme

$$n(\alpha - \delta) = \text{C},$$

δ correspondant à un retard indépendamment du nombre de cétène, δ et C

étant des fonctions des données expérimentales que nous nous proposons d'étudier.

La comparaison de ces deux lois montre que, si p augmente indéfiniment, δ et C tendent vers zéro.

ASTRONOMIE PHYSIQUE. — *Variations lumineuses de Nova Lacertæ* 1936. Note ([1]) de M. **Henri Grouiller**, présentée par M. Ernest Esclangon.

1. La Nova Lacertæ fut découverte le 18 juin 1936, par une douzaine d'observateurs au moins, l'un des premiers étant M. E. Loreta, de Bologne, membre de l'*Association française d'observateurs d'étoiles variables*. Grâce à cette particularité, les observations des membres de cette Association remontent aux toutes premières heures de la découverte.

Elles se sont poursuivies depuis sans interruption et, au début, on ne compte pas moins de 127 jours sans aucune lacune. Jusqu'au 31 décembre 1936, 810 estimations d'éclat par la méthode de Pickering ont été faites par 25 observateurs situés à des longitudes très différentes. Ces mesures ont été rapportées à 68 étoiles de comparaison dont les magnitudes, comprises entre $0^m,08$ et $10^m,1$, ont été déterminées dans le système photométrique photovisuel international.

2. La courbe de lumière de la Nova a été tracée en prenant comme coordonnées les moyennes journalières des observations individuelles. On a trouvé, pour l'erreur probable d'une estimation individuelle, $\pm 0,20$ magnitude, quantité analogue à celle ($\pm 0^m,22$) obtenue antérieurement de la même manière pour Nova Herculis 1934 ([2]). On en a déduit l'erreur probable de chaque moyenne journalière et, comme d'habitude, pour faciliter l'interprétation de la courbe, on a figuré cette dernière erreur par un tiret centré sur chaque point, parallèle à l'axe des magnitudes et d'une longueur égale au double de sa valeur absolue.

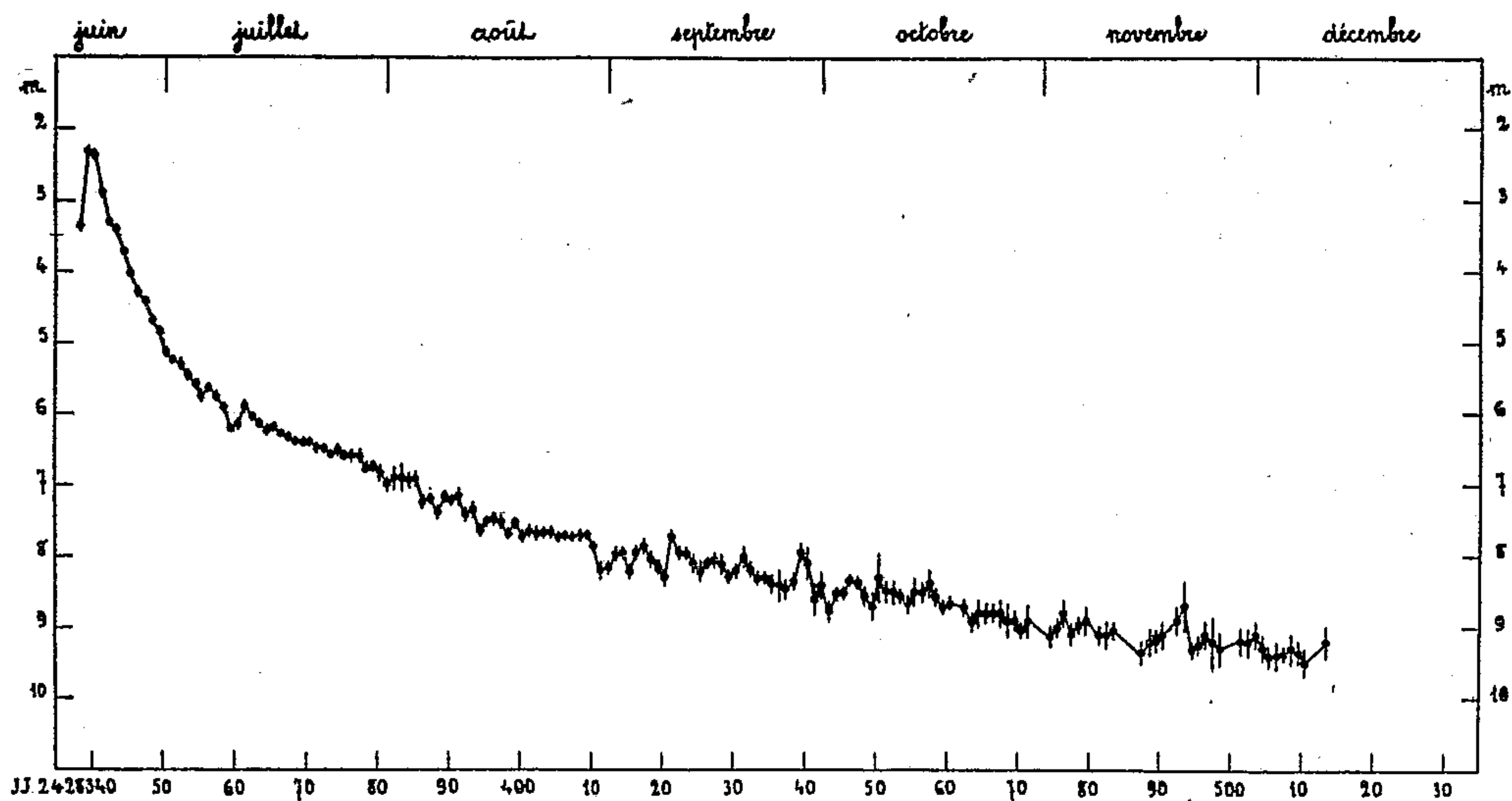
3. La Nova, qui, sur la carte de Franklin-Adams (24 septembre 1906) était voisine de la 14e magnitude, avait atteint la magnitude 3,4 le jour de sa découverte. Le lendemain, elle avait encore rapidement crû jusqu'à la magnitude 2,3. Le maximum s'est produit dans la matinée du 20 juin, très voisin de la magnitude 2,2. L'éclat a décru d'abord assez vite, de 4 magni-

([1]) Séance du 8 mars 1937.

([2]) *Comptes rendus*, 202, 1936, p. 466.

tudes en 20 jours, jusqu'au 10 juillet. Après une recrudescence de quelques dixièmes de magnitude, l'éclat recommence à décroître de plus en plus lentement, assez uniformément, avec de petites perturbations de quelques dixièmes de magnitude, sans périodicité apparente. A la fin de l'année, la Nova avait décru jusqu'à la magnitude 9,5.

4. La courbe de lumière de Nova Lacertæ 1936 se classe sans ambiguïté



Courbe de lumière de Nova Lacertæ 1936 du 18 juin au 31 décembre 1936. En abscisses, les jours de la période julienne; en ordonnées, les magnitudes dans le système photovisuel international.

dans le groupe II *a* (*Flash novæ* proprement dites) de la récente classification de Gerasimovic ([3]). Différant radicalement de celle de Nova Herculis 1934 déjà décrite dans ce Recueil ([4]), elle s'apparente avec celle de Nova Aquilæ 1918 ([5]) avec, toutefois, une évolution encore plus rapide, puisque la décroissance dans les 100 premiers jours qui suivent le maximum principal, qui était de 5 magnitudes environ dans le cas de Nova Aquilæ 1918, est ici de 6 magnitudes au moins. En outre, cette décroissance s'est effectuée d'une manière plus uniforme, avec des perturbations secondaires

([3]) *Poulkovo Observatory Circular*, n° 16, décembre 1935, p. 5-12.

([4]) *Comptes rendus*, 202, 1936, p. 467.

([5]) *Harvard Annals*, 81, 1923, p. 113-178.

moins accusées. L'amplitude de la recrudescence initiale est sensiblement la même (de 11 à 12 magnitudes) et le flux du rayonnement lumineux a varié dans la proportion de 1 à 50000.

LOGIQUE. — *Sur une forme générale de la définition d'une logique.* Note (¹) de Mlle **Paulette Février**, présentée par M. Louis de Broglie.

Nous avons (²) exposé le point de départ, fourni par les relations d'incertitude d'Heisenberg, d'une logique nouvelle susceptible d'applications en théorie des quanta, et déterminé en particulier les règles spéciales du produit dans cette logique. Avant de poursuivre la construction du système, il nous faut préciser ce que nous entendons formellement par logique.

Un ensemble d'éléments abstraits $\mathcal{E}$ sera dit un ensemble de propositions : 1° s'il existe un opérateur Vl, appelé valeur logique, qui, à tout élément de l'ensemble $\mathcal{E}$ fait correspondre un élément de $\mathcal{F}$, ensemble des valeurs logiques ayant au moins deux éléments V, F; 2° s'il existe au moins une opération binaire symétrique R qui transforme toute paire a, b d'éléments de $\mathcal{E}$ en un élément de $\mathcal{E}$, la valeur logique de l'élément ainsi obtenu étant une fonction des valeurs logiques des éléments de la paire, cette fonction peut alors être écrite sous la forme d'une opération binaire Ω_R dans l'ensemble des valeurs logiques, associée de l'opération R. On a ainsi :

$$Vl(a\mathrm{R}b) = (Vla)\,\Omega_{\mathrm{R}}(Vlb).$$

Une fonction étant définie par l'ensemble de ses valeurs, dans le cas où l'ensemble des valeurs logiques est fini, l'opération sera définie par une matrice finie.

Une logique sera un système constitué par : 1° un ensemble de propositions; 2° un ensemble d'opérateurs; 3° un ensemble d'opérations binaires. En effet, dans une logique quelconque, il existe toujours au moins trois opérations binaires : 1° l'identité logique $a \equiv b$; 2° le produit logique $a \,\&\, b$ (conjonction *et*); 3° la somme logique $a + b$ (conjonction « ou »). La valence d'une logique est la puissance de l'ensemble des valeurs logiques; nous appellerons genre d'une logique le nombre des matrices nécessaires pour définir l'opération produit, la matrice à employer dépendant de la

(¹) Séance du 8 mars 1937.

(²) *Comptes rendus*, 204, 1937, p. 481.

paire de propositions considérée; (dans notre logique, le genre est deux : propositions composables et non composables; dans les autres logiques, le genre est un).

Nous définirons un semi-anneau comme un système d'éléments possédant deux opérations de composition, addition et multiplication, l'addition possédant toutes les propriétés de l'addition dans un anneau, sauf l'inversion, remplacée par une condition plus faible : l'équation $x + a = b$ a au moins une solution $x = b + (-a)$. Si, de plus, $a.a = a$, le semi-anneau sera dit booléien. L'identité logique $a \equiv b$ ayant la valeur logique V si a et b ont la même valeur, F si a et b ont des valeurs différentes, on peut toujours trouver deux opérations logiques, addition et produit, telles que par rapport à l'identité le système constitue un semi-anneau booléien, l'addition n'étant V que si une des deux propositions est V, et le produit V que si les deux sont V. Le système ne peut être un anneau booléien que si la logique est divalente.

Dans notre logique (trivalente, de genre deux) nous définirons la somme logique avec exclusion $a \mathrm{v} b$ par : V si l'une des deux propositions est V; A si les deux ont la même valeur; F dans les autres cas. Cette opération n'est pas acceptable comme addition, ne satisfaisant pas à la condition d'inversion. Posons

$$(\mathrm{Vl}\,a = \alpha \mathrm{v} \beta) =_d (\mathrm{Vl}\,a = \alpha)\,\mathrm{v}\,(\mathrm{Vl}\,a = \beta), \qquad \text{et} \qquad f = \mathrm{F} \mathrm{v} \mathrm{A}.$$

Il existe une matrice et une seule $\|+\|$ acceptable comme addition, telle qu'elle soit commutative, associative, satisfasse à la condition d'inversion définie plus haut, à $a + \mathrm{O} = a$, et que si a et b sont F, $a + b$ est A. La proposition O est définie par $VlO = \mathrm{A}$; la proposition e, unité, est définie par $Vle = \mathrm{V}$. D'où les différentes matrices :

Identité — forte.

$\equiv$	V	F	A
V	V	F	F
F	F	V	F
A	F	F	V

Identité — faible.

$\simeq$	V	F	A
V	V	F	F
F	F	V	V
A	F	V	V

Somme logique — avec exclusion.

v	V	F	A
V	A	V	V
F	V	A	F
A	V	F	A

+	V	F	A
V	f	V	V
F	V	A	F
A	V	F	A

Somme logique — sans exclusion.

V	V	F	A
V	V	V	V
F	V	F	F
A	V	F	A

Le semi-anneau est commutatif, associatif, mais le produit n'est pas distributif par rapport à l'addition. L'identité faible $\simeq$, dans laquelle F et A sont considérés comme équivalents, permet de ramener cette logique à un anneau booléien qui serait isomorphe à l'anneau de la logique classique si toutes les propositions étaient composables.

THERMOÉLASTICITÉ. — *Sur les actions mécaniques des ondes élastiques thermiques des liquides.* Note de MM. **Francis Perrin** et **René Lucas**, transmise par M. Jean Perrin.

Les liquides soumis à des variations de température dans des conditions déterminées exercent sur une palette immergée des actions mécaniques qui ont été observées et décrites par l'un de nous (¹).

La présente Note a pour objet de préciser l'origine de ces actions et d'indiquer comment de nouvelles observations s'accordent avec le type d'explication proposée.

Si un élément de volume, traversé par une onde élastique plane de vitesse V, absorbe une quantité d'énergie ΔE, l'élément de volume recevra en même temps une quantité de mouvement $\delta G = 1/V\, \Delta E$ dans la direction de propagation de l'onde considérée.

Dans un milieu isotrope où se produisent des tranferts de chaleur, la superposition des impulsions, correspondant aux ondes élastiques thermiques de diverses fréquences et de différents types, se traduira par *une force appliquée à tout élément de volume dont la température varie; cette force sera parallèle à la direction du courant thermique, dans le même sens que lui ou en sens opposé, suivant que l'élément reçoit ou cède au total de la chaleur.* En désignant par c la chaleur spécifique et par ρ la masse spécifique du milieu considéré, la quantité d'énergie absorbée pendant le temps δt par un élément de volume δv pour un accroissement δT de la température est $\Delta E = \rho c\, \delta v\, \delta T$; la grandeur de la force appliquée au milieu par unité de volume doit donc être donnée par la relation

$$f = \frac{1}{\varphi} \rho c \frac{\partial T}{\partial t},$$

φ étant une constante caractéristique du milieu, homogène à une vitesse et représentant une certaine moyenne des vitesses de propagation des ondes thermiques.

Cette valeur de f peut s'exprimer encore en fonction des dérivées spatiales de la température d'après l'équation de Fourier. Dans le cas où les surfaces isothermes sont des plans normaux à l'axe des z, on trouve

(¹) R. Lucas, *Comptes rendus*, 204, 1937, p. 418.

ainsi, k étant le coefficient de conductibilité thermique

$$f = \frac{k}{\rho}\frac{\partial^2 T}{\partial z^2}.$$

Cette relation permet, dans le cas d'un liquide, de calculer facilement par la méthode de l'hydrostatique la différence de pression $P_1 - P_2$ entre deux plans isothermes de cotes z_1 et z_2 en ajoutant aux forces de pesanteur les forces thermoélastiques

$$P_1 - P_2 = \int_{z_1}^{z_2} \rho g\, dz + \frac{k}{\rho}\left\{\left(\frac{\partial T}{\partial z}\right)_{z_2} - \left(\frac{\partial T}{\partial z}\right)_{z_1}\right\}.$$

Cette relation permet d'interpréter les observations décrites par l'un de nous et montre que, si le liquide est *chauffé par la partie supérieure* (ce qui évite les courants de convection), la palette opaque au flux de chaleur subira *une poussée vers la surface chaude* (²).

Cette dernière conclusion se vérifie expérimentalement de manière complète à l'aide d'un dispositif analogue à celui décrit dans la Note précédente où les propriétés thermoélastiques des liquides ont été signalées.

ÉLECTRICITÉ. — *Mesures électriques et optiques sur l'illumination de l'hélium dans la décharge de haute fréquence.* Note (¹) de M. **Jean Roig**, présentée par M. Aimé Cotton.

I. Un tube à gaz raréfié, placé dans un champ électromagnétique HF, présente deux types de décharge : *électrostatique* ou *induite*, selon les conditions d'excitation (²). Il est commode d'utiliser des ondes courtes entretenues par un oscillateur à lampes. L'illumination de l'hélium a fait l'objet de nombreux travaux, dus pour la plupart à M. Townsend et à ses élèves (³). D'une façon générale, les auteurs étudient la décharge électrostatique et mesurent les courants et les tensions HF dans le circuit oscillant. J'étudie au contraire, dans cette Note, les courants d'alimentation, courants

(²) Cette action, comme celle antérieurement décrite, est de sens opposé au changement de poussée d'Archimède et pourra être en partie masquée par celle-ci suivant la nature du liquide employé.

(¹) Séance du 15 mars 1937.

(²) Esclangon, *Annales de Physique*, 1, 1934, p. 267.

(³) Townsend et Jones, *Phil. Mag.*, 12, 1931, p. 815.

de retour I_p et I_g des plaques et des grilles, pour les deux régimes de décharge.

II. L'oscillateur est formé de deux lampes E 756, groupées en montage symétrique de Mesny. La self de plaque comporte huit spires de $6^{cm},5$ de diamètre et a 10^{cm} de long; un condensateur de quelques centimètres aux bornes de la self diminue le courant de haute fréquence sur les connexions de plaque. La self de grille comprend une seule spire de 16^{cm} de diamètre. Les points milieux des deux enroulements sont reliés respectivement à la haute tension (transformateur, valves, filtre) et à une résistance de polarisation (4000ω) shuntée par un condensateur (1/10000 μf). Le tube à décharge est placé dans l'axe de la self de plaque; c'est un cylindre en pyrex ayant 4^{cm} de diamètre et 8^{cm} de long; il a été rempli d'hélium sous une pression de $0^{mm},25$ de mercure et scellé. La densité du gaz est donc constante dans les mesures; le chauffage des lampes est également maintenu fixe (16,1 V et 7,7 A par filament). La longueur d'onde est de 12^{m}; elle reste constante dans les limites de sensibilité du contrôleur d'onde (1 pour 100).

III. *Mesures électriques.* — Dans les courbes ci-jointes, les abscisses

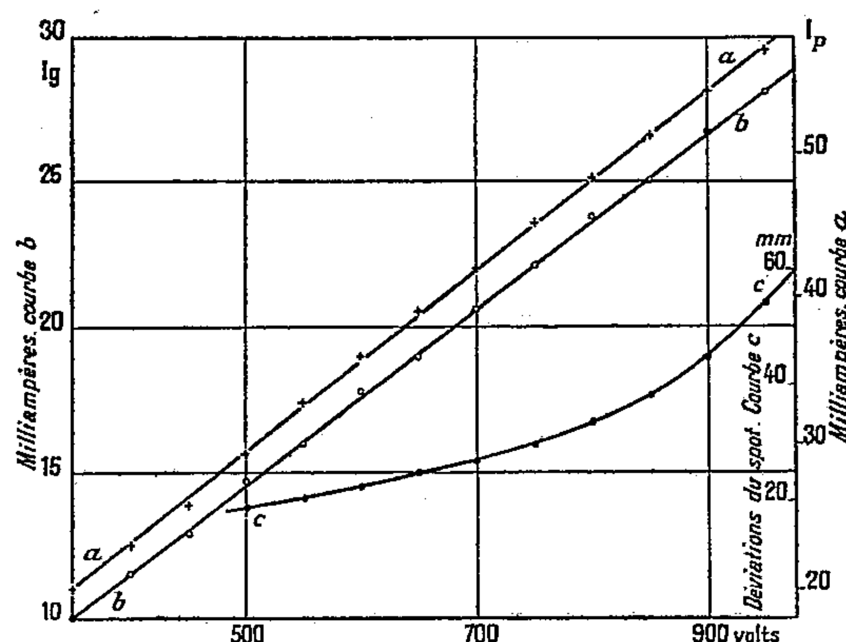


Fig. 1. — Courbe *a*, courant I_p; courbe *b*, courant I_g; courbe *c*, déviations en millimètres du spot pour la raie rouge.

représentent le potentiel continu V, appliqué au point milieu de la self de plaque. La figure 1 se rapporte aux faibles tensions anodiques; le tube est faiblement lumineux (décharge électrostatique); I_p (courbe *a*) et I_g (courbe *b*) varient linéairement en fonction de V. Le tube réagit très peu sur l'oscillateur; si on l'écarte, le courant de plaque baisse un peu et le courant de grille augmente. Exemple :

Tube dans le solénoïde........	V = 850 volts	I_p = 51 millis	I_g = 25,1 millis
Tube enlevé..................	V = 850 »	I_p = 49 »	I_g = 26,2 »

Les relations linéaires se conservent jusqu'au delà de 1250 volts en l'absence du tube à décharge; par contre, sa présence dans le solénoïde provoque vers 1000 volts un changement très net; il y a passage continu,

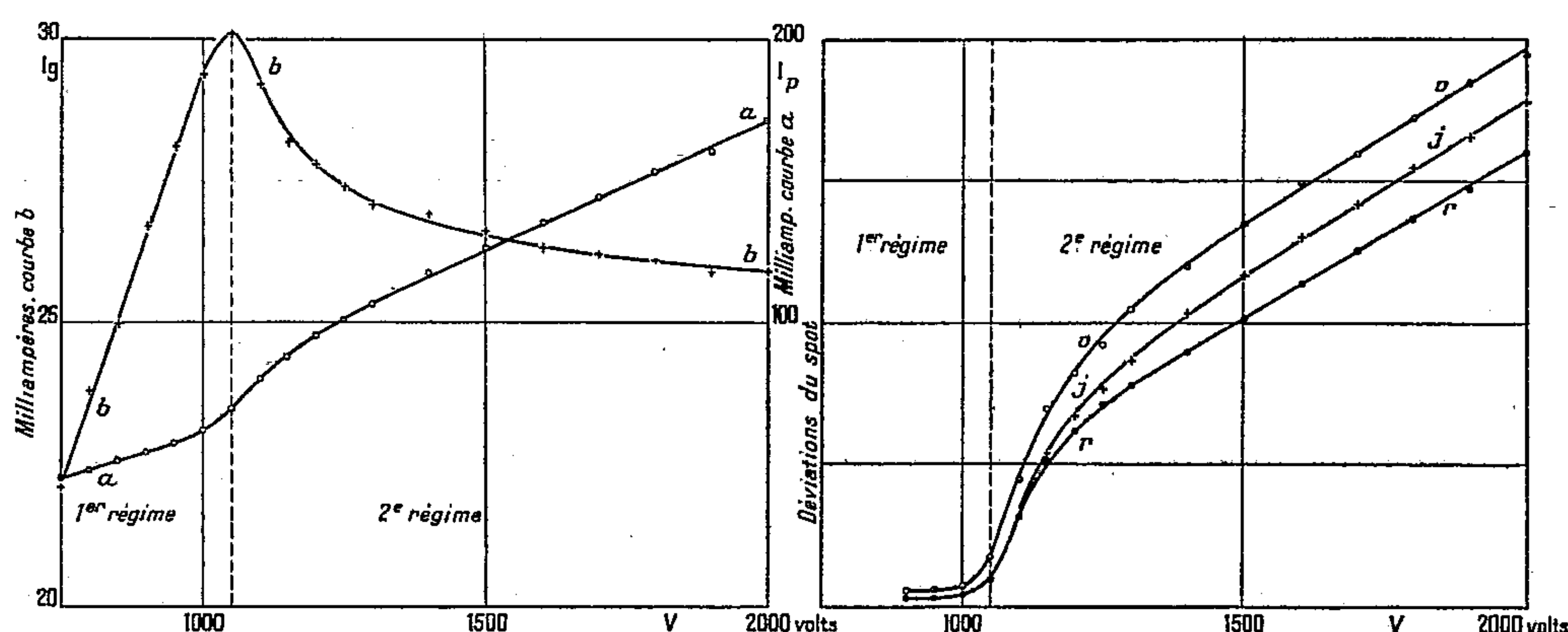


Fig. 2. — Courbe *a*, courant I*p*; courbe *b*, courant I*g*.

Fig. 3. — Indications de la cellule, unités arbitraires pour chaque courbe. Courbe *v*, raie violette; courbe *j*, raie jaune; courbe *r*, raie rouge.

mais rapide, de la décharge électrostatique à la décharge induite. I_g passe par un maximum à 1050 volts et décroît ensuite lentement (*fig.* 2, courbe *b*). I_p subit une augmentation rapide, puis suit à nouveau une loi linéaire (*fig.* 2, courbe *a*).

IV. *Mesures optiques.* — J'ai simultanément étudié les variations d'intensité de quelques raies d'arc. Je forme l'image de la source sur le diaphragme d'entrée d'une cellule photoélectrique à vide, qui travaille au-dessus de sa tension de saturation. La précision des mesures est d'environ 1 pour 100. Des écrans de gélatine colorée isolent parfaitement les raies 6678 et 5875. La raie 4471 est accompagnée de la radiation 4713 très affaiblie. L'écran violet laisse passer suffisamment d'infrarouge pour donner une forte dérive au spot; on obtient, même aux régimes poussés, des mesures correctes en refroidissant le tube par soufflage à l'air comprimé et en interposant une cuve absorbante (solution de $CuCl^2$ à 2 pour 100).

La figure 1 (courbe *c*) montre en *unités arbitraires* les variations de brillance pour la raie rouge dans le premier régime. La figure 3 (courbes *r*, *j*, *v*) donne de même les variations de brillance pour les raies rouge, jaune et

violette dans la décharge induite; le changement de régime s'accompagne d'une forte augmentation d'éclat. On obtient encore pour des potentiels élevés une loi linéaire. Les prolongements des trois droites ne coupent pas l'axe des abscisses exactement au même point, mais en des points voisins. L'intensité relative des trois raies varie donc légèrement avec l'excitation.

ÉLECTRICITÉ. — *Courbes de potentiel explosif dans le cas d'une ionisation par* choc de seconde espèce. Note [1] de M. **Raymond Zouckermann**, présentée par M. Aimé Cotton.

Plusieurs auteurs [[2], [3]] ont fait intervenir les atomes métastables pour expliquer le mécanisme de certaines décharges électriques dans les gaz ou les mélanges gazeux. Townsend [4] a critiqué ces explications et continue à penser que l'ionisation et l'émission lumineuse d'un gaz ne nécessitent que des chocs simples d'électrons et de molécules. Sans confronter ici ces deux théories, je décrirai seulement un fait nouveau qui peut constituer un élément de discussion.

L'influence de la vapeur de mercure sur les phénomènes qui constituent la décharge dans l'hydrogène se manifeste, comme nous l'avons signalé [5], par une variation du potentiel explosif : la courbe du potentiel explosif V_e, en fonction de la pression p, subit d'importantes modifications pour les pressions voisines ou inférieures à la pression p_M qui correspond au potentiel explosif minimum V_{eM} du gaz pur.

Nous avons étudié, à l'aide du dispositif expérimental déjà décrit [[3], [5]], l'influence du mercure sur les potentiels explosifs de l'azote et de l'argon.

L'azote provenait de la décomposition de l'azothydrate de sodium. L'argon était préparé à partir de l'argon industriel de la Société l'Air Liquide, purifié très soigneusement par une circulation de plusieurs jours sur du calcium à 600°, de l'oxyde de cuivre à 400°, de la potasse fondue et de l'anhydride phosphorique.

---

[1] Séance du 15 mars 1937.

[2] Voir par exemple Penning, *Zs. f. Phys.*, 46, 1927, p. 335; R. Frerichs, *Ann. der Phys.*, 85, 1928, p. 362.

[3] R. Zouckermann, *Comptes rendus*, 196, 1933, p. 1478.

[4] J.-S. Townsend, *Phil. Mag.*, 20, 1935, p. 242.

[5] R. Zouckermann, *Comptes rendus*, 201, 1935, p. 649.

La pureté des gaz était contrôlée spectroscopiquement dans le tube d'expérience lui-même.

Les figures 1 et 2 représentent l'ensemble des résultats. On voit que les courbes obtenues (azote, mélange azote-mercure, argon, mélange argon-mercure), ne diffèrent de celles de l'hydrogène et du mélange hydrogène-mercure que par l'absence d'inflexion.

L'influence du mercure est différente dans le cas de l'hydrogène et de l'azote, d'une part, et dans celui de l'argon, d'autre part.

Le potentiel explosif de l'azote (*fig.* 1) subit des modifications analogues

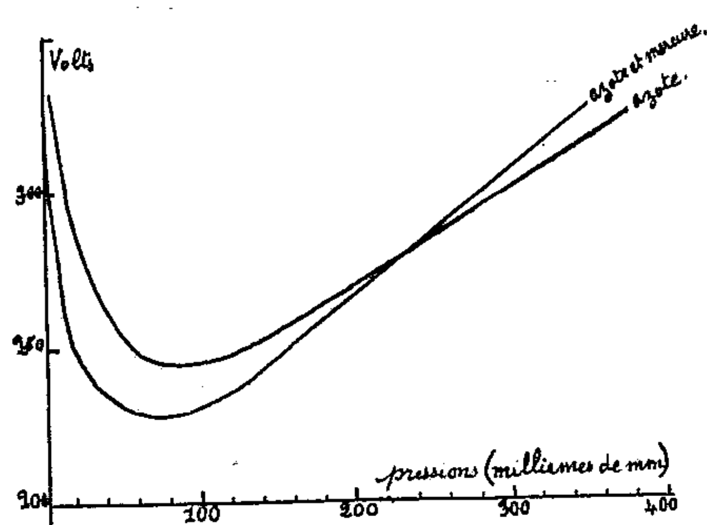


Fig. 1.

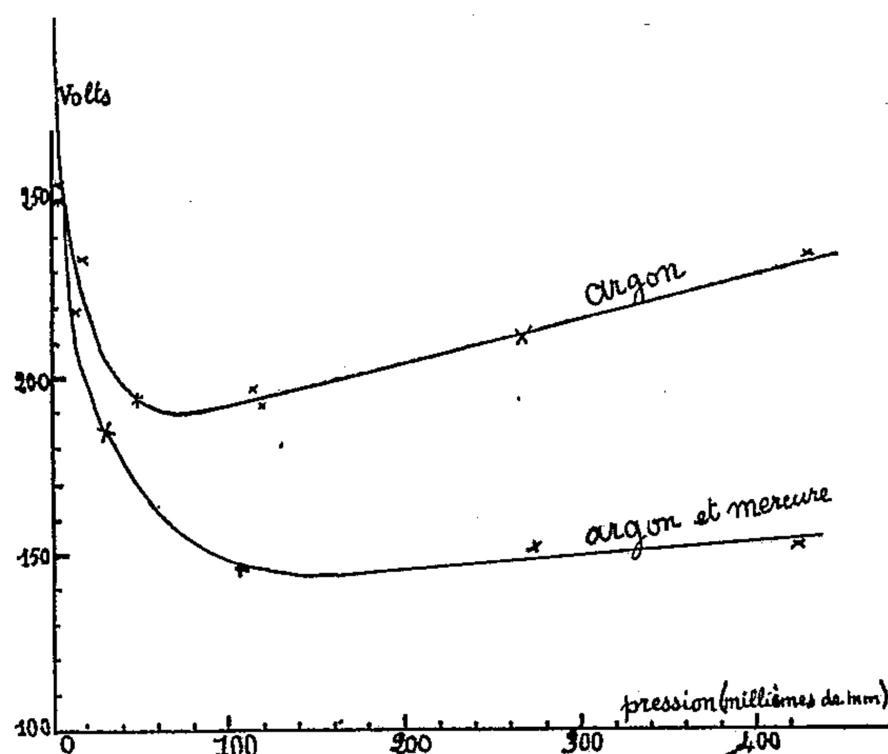


Fig. 2.

à celles de l'hydrogène, mais plus importantes, et dans un domaine de pression plus accessible à des mesures précises.

En présence du mercure, V_e diminue pour les pressions inférieures à $0^{mm},23$ (et surtout aux environs de $p_M = 0^{mm},09$), et augmente pour les pressions supérieures.

Sans décrire complètement ici l'aspect spectroscopique de la décharge dans les gaz ou les mélanges étudiés, signalons toutefois que le spectre de l'azote, en présence ou non du mercure, n'a jamais contenu les raies de l'atome N, tandis que les spectres de l'hydrogène ou du mélange hydrogène-mercure contenaient toujours les raies de l'atome en même temps que celles de la molécule. Quant au mercure, sa présence se traduit toujours par l'apparition de son spectre d'arc.

Les caractéristiques optiques et électriques de la décharge dans un mélange d'argon et de mercure sont tout à fait différentes. Nous avons

déjà signalé ([3]) comment les spectres de la décharge dans ce mélange mettaient en évidence les échanges d'excitation entre atome métastable d'Ar et atome normal de Hg (chocs dits *de seconde espèce*).

Les courbes du potentiel explosif de l'argon et du mélange Ar-Hg (*fig.* 2) traduisent les mêmes phénomènes d'une manière très différente et tout aussi nette. En effet, le mercure abaisse *toujours* le potentiel explosif de l'argon, et d'autant plus que la pression est plus grande (du moins dans le domaine des pressions étudiées : $p < 0^{mm},5$). C'est bien un effet de ce genre qu'on doit attendre dans le cas des chocs dits de deuxième espèce, dont la probabilité doit croître avec le nombre d'atomes métastables présents dans le tube. Le rôle du mercure apparaît ainsi comme très différent dans le cas de l'argon, d'une part, et dans ceux de l'hydrogène et de l'azote, d'autre part. Pour ces deux derniers gaz, d'ailleurs, la nature des spectres de la décharge ne suggère pas, comme pour l'argon, l'intervention de molécules métastables.

ÉLECTROCHIMIE. — *Méthode d'étude de la corrosion des alliages.* Note de M. **Henri Triché**.

Au moyen de l'étincelle de haute fréquence obtenue par le montage de Tesla et un mode opératoire convenable (déplacement de la surface à étudier pendant que l'étincelle éclate), on peut analyser des couches métalliques extrêmement minces ([1]). Précisons d'abord le mécanisme de l'analyse par l'étincelle; soit un alliage binaire à deux phases A et B, non recouvertes d'une couche isolante.

1° La surface ne présente pas d'aspérités dues aux constituants eux-mêmes; aucune cause ne favorise la localisation de l'étincelle et, en déplaçant la surface, l'étincelle atteint les constituants au hasard. Soit c_1 la concentration d'un métal M_1 dans la phase A et c_2 sa concentration dans la phase B; les petites surfaces élémentaires sont supposées nombreuses pour un enregistrement. Soit S_A et S_B les surfaces respectives des phases A et B par unité de surface explorée, e_A et e_B les épaisseurs enlevées par chaque étincelle et supposées petites par rapport aux dimensions des cristaux. La concentration superficielle $\mathcal{C}$ sera par définition

$$\mathcal{C} = c_1 S_1 e_A + c_2 S_2 e_B,$$

([1]) *Comptes rendus*, 202, 1936, p. 745

c_1 et c_2, e_A et e_B étant constantes, la variation de la concentration superficielle permet de suivre les variations relatives des *surfaces* des deux phases.

2° Supposons que certains constituants, A par exemple, soient dissous par un traitement convenable. Au début, on peut représenter la surface par le schéma (1) (*fig.* 1). Après le traitement elle sera représentée par le schéma (2) (*fig.* 1). La surface de la phase A est restée sensiblement constante, tandis que celle de la phase B a augmenté considérablement. Si les aspérités produites sont très petites par rapport à l'étincelle, le mécanisme sera le même que dans le premier cas. Si les aspérités sont très fortes, l'étincelle n'atteindra plus A, la concentration superficielle est égale à celle de B.

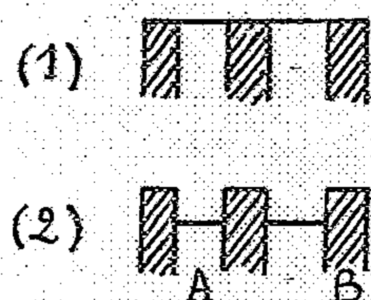


Fig. 1.

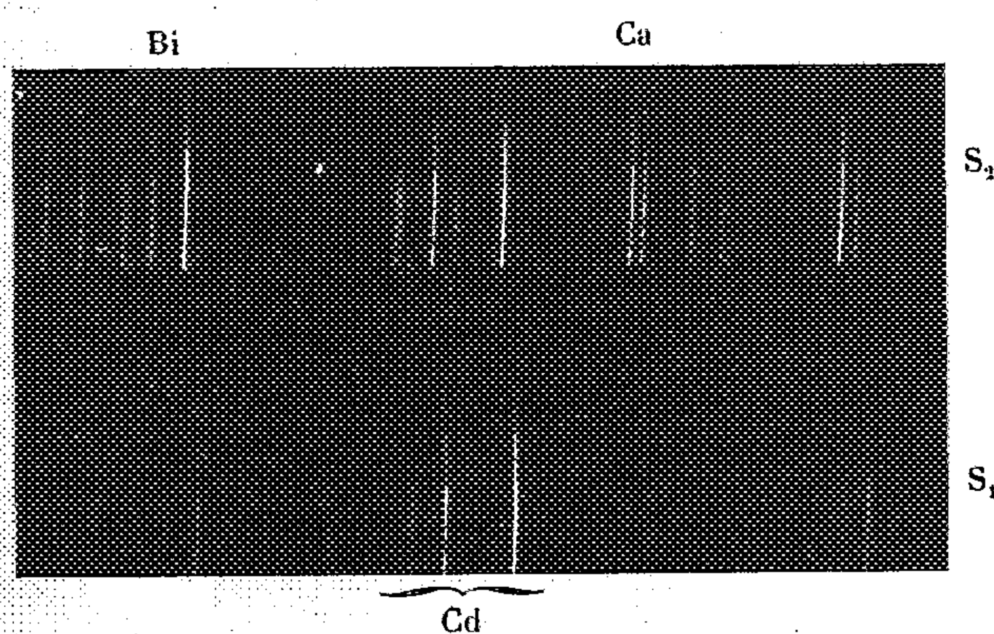


Fig. 2.

Nous avons appliqué ces notions à l'étude de la corrosion. On sait que l'un des facteurs les plus importants est la force électromotrice créée par des couples galvaniques qui proviennent d'hétérogénéités chimiques. Certains constituants sont donc plus vivement attaqués que d'autres ; en général la surface d'un alliage ayant subi l'action d'un réactif ne doit pas avoir la même composition que la surface du même alliage n'ayant subi aucun traitement.

Pour pouvoir interpréter plus facilement les résultats nous avons choisi le cas particulièrement simple d'un alliage cadmium-bismuth ([2]); il est constitué en effet par deux phases qui sont les métaux purs : les parties anodiques sont formées par le cadmium et les parties cathodiques par le bismuth. Le réactif employé est l'acide sulfurique suffisamment dilué pour

([2]) PORTEVIN, *Rev. Mét.*, 4, 1907, p. 389.

qu'il n'y ait pas de dépôt sur la surface des composés formés. En comparant les deux spectres ci-joints (*fig.* 2) : S_1 surface de l'alliage non traité, S_2 surface de l'alliage traité, on observe un renforcement considérable des raies du bismuth. La surface ayant subi la corrosion est frottée avec une étoffe humide pour la débarrasser d'un léger dépôt. Remarquons que le renforcement observé suffit à montrer qu'il y a augmentation de la surface d'une phase. Si l'on admettait que c'est la concentration moyenne en bismuth qui est augmentée au voisinage de la surface et que la dissolution de la couche se fait uniformément, on serait obligé d'admettre que la solution de l'alliage est plus riche en bismuth que l'alliage lui-même, ce qui est impossible.

Dans les cas les plus compliqués, les résultats obtenus doivent être interprétés, car il peut se produire des réactions secondaires pouvant masquer le phénomène initial. Cette méthode nous a permis d'étudier l'action de certains réactifs sur les alliages légers. Exemple : l'action de l'acide sulfurique sur un alliage d'aluminium et de cuivre à 8 pour 100 de cuivre enrichit la surface en cuivre, l'action de l'acide azotique concentré produit au contraire un enrichissement très faible en aluminium. Cette méthode semble devoir permettre également l'étude de la répartition des impuretés dans les différentes phases; pour l'alliage cadmium-bismuth étudié, on remarquera en effet un renforcement assez inattendu des raies du calcium en même temps que celle du bismuth.

ÉLECTROCHIMIE. — *Sur l'hydrolyse du benzène sulfonate de cuivre.* Note [1] de Mlle **Marguerite Quintin**, présentée par M. Georges Urbain.

L'étude d'un certain nombre de sels de métaux lourds [SO^4Cd, SO^4Cu, SO^4Zn, $(NO^3)^2Cd$, $(NO^3)^2Cu$, $(NO^3)^2Zn$, $CdCl^2$] m'a conduit [2] en choisissant comme variables l'activité [M^{++}] du cation métallique et celle [H^+] de l'ion hydrogène à une relation simple; $[M^{++}] = K[H^+]$; et le seul mécanisme compatible avec cette relation paraît être d'admettre comme premier stade de l'hydrolyse la formation d'un ion complexe [3].

J'ai cherché si ce mode d'hydrolyse était lié spécifiquement au cation et

(1) Séance du 15 mars 1937.

(2) *Comptes rendus*, 184, 1927, p. 1657; 192, 1931, p. 846; *J. Chim. phys.*, 24, 1927, p. 712.

(3) *Comptes rendus*, 201, 1935, p. 1176.

se vérifiait quel que soit l'anion associé, en particulier lorsque celui-ci était constitué par un édifice comportant un grand nombre d'atomes. C'est la raison pour laquelle j'ai étudié le benzène sulfonate de cuivre.

Les mesures de la force électromotrice de la chaîne



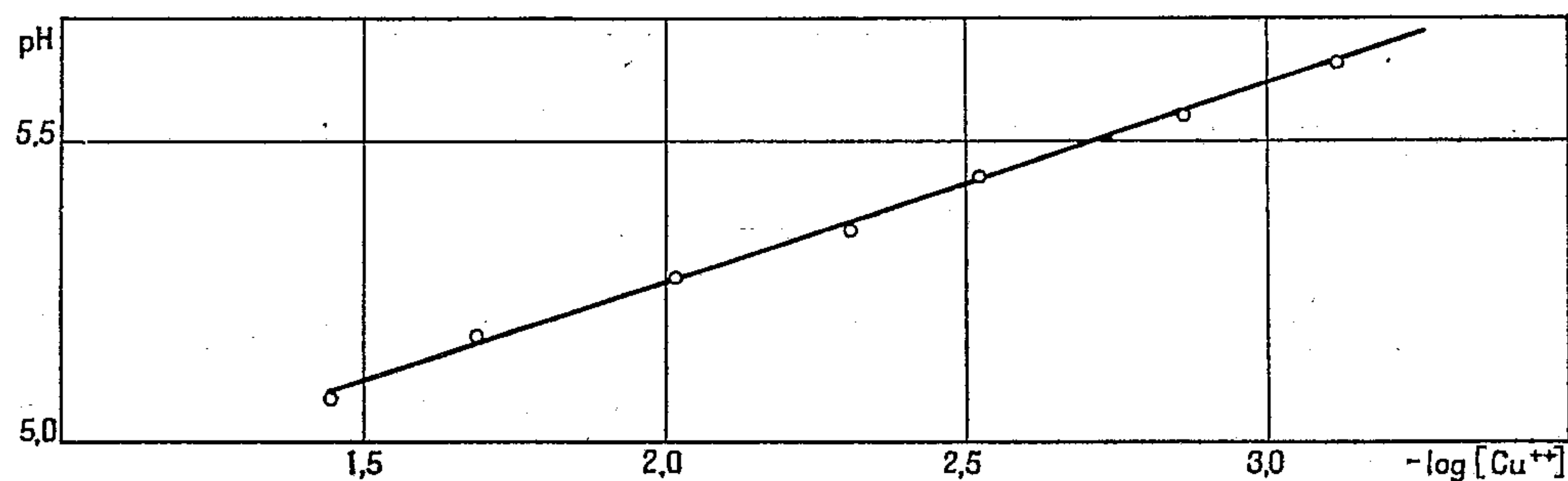
Cu (amalg. 2 phases) | $(C^6H^5SO^3)^2Cu$, c | KCl sat. | Hg^2Cl^2 | Hg

faites à 25° m'ont permis ([4]) de déterminer le potentiel E_{Cu} du cuivre dans les solutions de benzène sulfonate de cuivre à différentes concentrations c, ainsi que le potentiel normal E_0 (potentiel dans une solution d'activité $[Cu^{++}] = 1$).

L'activité $[Cu^{++}]$ de l'ion cuivre peut alors être obtenue à partir de la relation

$$E_{Cu} = E_0 - \frac{RT}{2\mathcal{F}} \operatorname{Log}[Cu^{++}]. \tag{1}$$

D'autre part j'ai mesuré le pH des mêmes solutions de benzène sulfonate de cuivre à l'aide de l'électrode de verre. On obtient d'ailleurs des valeurs identiques en utilisant l'électrode à quinhydrone, à condition de ne pas laisser trop longtemps en contact cette substance avec la solution ([5]).



Benzène sulfonate de cuivre à 25°.

Voici les résultats obtenus :

c (mol-gr/litre).......	0,1.	0,05.	0,02.	0,01.	0,005.	0,002.	0,001.
$-\operatorname{Log}[Cu^{++}]$.......	1,45	1,70	2,03	2,29	2,54	2,87	3,12
pH.................	5,07	5,17	5,27	5,35	5,44	5,54	5,63

([4]) *Comptes rendus*, 204, 1937, p. 422.

([5]) Au bout de 24 heures on observe des variations de pH de l'ordre de 6 pour 100, sans doute dues à une oxydation de la quinhydrone; car il ne s'agit pas d'une hydrolyse lente de la solution au cours du temps. J'ai vérifié en effet que le pH était le même pour des solutionsfraîchement préparées et pour des solutions vieilles de 2 mois.

Si l'on construit la courbe représentant les variations du pH en fonction de $-\text{Log}[Cu^{++}]$ on obtient, ainsi que le montre la figure 1, une droite dont le coefficient angulaire est égal à 1/3. Par conséquent

$$[Cu^{++}] = K[H^+]^3. \qquad (2)$$

Considérons l'explication classique par formation d'hydroxyde $Cu(OH)^2$. La loi d'action des masses, appliquée à l'équilibre



$$Cu^{++} + 2H^2O \rightleftharpoons Cu(OH)^2 + 2H^+,$$

donne

$$[Cu^{++}] = k[Cu(OH)^2][H^+]^2; \qquad (3)$$

or

$$\frac{[H^+]}{f_H} = 2\frac{[SO_4^{--}]}{f_{SO^4}} - 2\frac{[Cu^{++}]}{f_{Cu}},$$

où f_i représente le coefficient d'activité de l'ion i correspondant à l'indice. L'activité des molécules $Cu(OH)^2$ non dissociées pouvant être considérée comme égale à leur concentration, on a

$$[Cu(OH^2)] = \frac{[SO_4^{--}]}{f_{SO^4}} - \frac{[Cu^{++}]}{f_{Cu}} = \frac{1}{2}\frac{[H^+]}{f_H}.$$

L'équation d'équilibre devient alors

$$[Cu^{++}] = \frac{k}{2f_H}[H^+]^3. \qquad (4)$$

Pour identifier la relation théorique (4) à la relation expérimentale (3), il faut supposer que le coefficient d'activité f_H varie peu; ce qui est vraisemblable étant donné la zone de concentration utilisée. La constante d'hydrolyse $k = 2K$ est égale à 48.10^{12}

En résumé, on voit que, dans les solutions de sels de métaux lourds le mécanisme de l'hydrolyse n'est pas lié spécifiquement au cation, mais dépend essentiellement de l'anion associé; dans le cas d'un gros anion comme $(C^6H^5SO^3)^-$, l'hydrolyse s'effectue par l'intermédiaire de l'hydroxyde $Cu(OH)_2$, tandis que, lorsqu'il s'agit de petits ions tels que Cl^-, NO_3^-, SO_4^{--}, il y a formation d'un ion complexe.

MAGNÉTISME. — *La torsion d'un fil de fer ou de nickel facilite les discontinuités d'aimantation en courant alternatif axial.* Note [1] de MM. STEFAN PROCOPIU et GEORGE VASILIU.

Si l'on fait passer un courant alternatif par un fil d'une substance ferromagnétique, on observe des effets d'induction dans une petite bobine qui entoure le fil, mais seulement lorsque le courant est assez intense pour créer à la surface du fil un champ magnétique plus grand que le champ coercitif de la substance; c'est un effet Barkhausen circulaire.

Le but de cette Note est d'exposer le résultat de nos recherches expérimentales sur le rôle de la torsion du fil dans l'apparition de ce phénomène. On constate que si l'on soumet le fil tendu à une torsion, on obtient des effets d'induction pour une intensité beaucoup plus faible du courant axial. L'expérience peut être faite dans un Cours : un fil de nickel de $0^{mm},5$ de diamètre étant *tendu* suivant l'axe d'une bobine en relation avec un amplificateur, un courant axial de 1 à 4 ampères ne provoque aucune induction et aucun son dans le haut-parleur [2]; mais il suffit de faire prendre au fil une faible *torsion* pour que l'effet soit fortement perçu au haut-parleur. L'étude de ce phénomène nous a conduit aux résultats suivants :

1° L'intensité du courant alternatif, nécessaire pour produire des inductions d'une grandeur donnée, dans la bobine coaxiale, sera d'autant plus faible que l'angle de torsion du fil sera plus grand, jusqu'à un angle de 30° à 45° (pour une longueur de 5^{cm} du fil) lorsque l'intensité passe par un *minimum*; pour augmenter faiblement ensuite. Comme il suit des données suivantes (fils de Fe et Ni, 5^{cm} de longueur et $0^{mm},5$ de diamètre) :

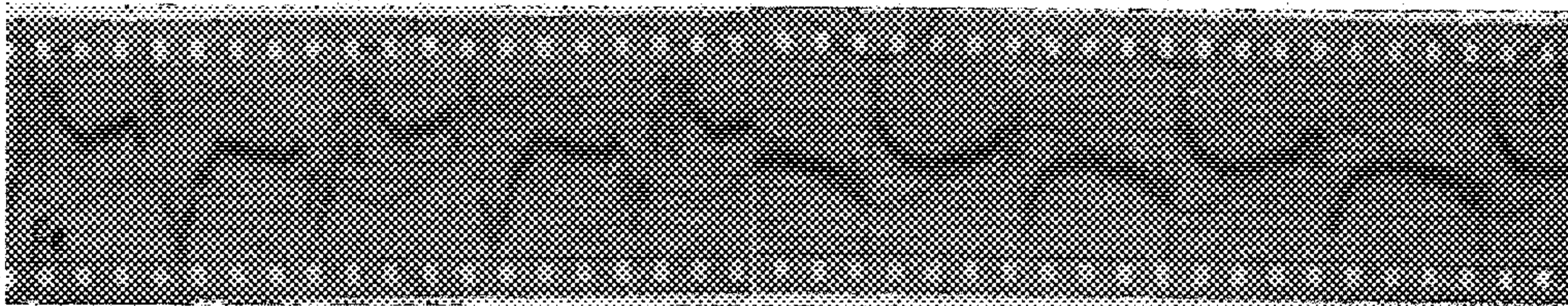
Ni	Torsion	0°.	2°.	3°,6.	20°.	30°.	34°.	44°.	360°.
	Courant alternatif (amp.)	4,6	2,2	1,7	0,92	0,85	0,90	1	1,25
Fe	Torsion	0°.	4°.	20°.	45°.				
	Courant alternatif (amp.)	0,65	0,50	0,40	0,38				

2° Si la bobine induite se trouve placée au milieu du fil, les fortes discontinuités d'aimantation apparaissent au voisinage des maxima du courant magnétisant et sont formées d'inductions dirigées d'abord dans un

[1] Séance du 15 mars 1937.

[2] Pour le dispositif expérimental voir ST. PROCOPIU et G. VASILIU, *Comptes rendus*, 204, 1937, p. 673.

sens, puis dans le sens opposé. L'ordre dans lequel se succèdent ces deux sens des inductions dépend d'abord du sens de la torsion, vers la droite ou vers la gauche, ensuite du métal, car les sens sont contraires pour le *fer* et le *cobalt* d'une part, pour le *nickel* d'autre part. Les oscillogrammes, reproduits ci-dessous, montrent les caractéristiques du phénomène sous l'influence de la torsion et le sens des inductions, pour le fer (torsion à droite, 4°) et le nickel (torsion à gauche, 5°), les deux fils étant tendus.



Fil fer. Torsion droite 4°. Fil nickel. Torsion gauche 5°.

Pour le nickel, les discontinuités sont d'un seul saut, comme si toute la masse du nickel changeait brusquement d'aimantation, ce qui est en accord avec les courbes rectangulaires d'aimantation du nickel soumis à la torsion tracées par Forrer ([3]).

Si la bobine induite se trouve placée au bout du fil ferromagnétique, les fortes discontinuités se font, alternativement, dans un seul sens pour les maxima du courant, probablement du fait que la matière magnétique se trouve d'un seul côté de la bobine.

3° Lorsque la bobine induite est placée à côté du fil et parallèlement, à une distance de l'ordre de 4^{cm}, pour éviter les influences directes du courant alternatif, les fortes discontinuités apparaissent, seulement lorsque le fil est tordu, et lorsque le courant magnétisant passe par zéro, en d'autres termes elles sont décalées de 90° par rapport à celles observées avec la bobine axiale. Les deux sens opposés, qui apparaissent au même endroit de la courbe du courant d'aimantation, sont très rapprochés et présentent une grande dissymétrie pour les petites torsions.

4° Pour expliquer ces phénomènes, il faut supposer que, *par la torsion, l'aimantation alternative circulaire donne une composante longitudinale*, qui provoque les inductions dans la bobine axiale. Le sens des sauts des parti-

([3]) R. Forrer, *Journal de Physique*, 7, 1926, p. 109. Voir encore F. Preisach, *Ann. der Phys.*, 5e série, 3, 1929, p. 737.

cules aimantées est différent pour le fer et pour le nickel, et aussi pour les torsions des deux sens, comme il arrive aussi pour un phénomène inverse de celui étudié ici, dans l'effet Matteucci ([4]); et on peut l'expliquer dans la théorie de Becker ([5]), d'après laquelle *les particules aimantées élémentaires ont leur axe de faible aimantation disposé normalement à l'axe du fil, dans le cas du nickel, et suivant cet axe, dans le cas du fer, soumis à la traction.* Leurs inductions auront des sens opposés. La bobine parallèle à l'axe mesure des discontinuités dans l'aimantation circulaire.

OPTIQUE. — *Considérations théoriques sur le photodichroïsme (Effet Weigert).* Note ([1]) de M. **Serge Nikitine**, présentée par M. Pierre Weiss.

F. Weigert ([2]) a découvert en 1919 qu'une couche de gélatine ou de collodion contenant certains colorants devenait dichroïque si on l'insolait avec de la lumière polarisée rectilignement de fréquence comprise dans la bande d'absorption du colorant. D'une façon plus précise, après l'insolation, les vibrations lumineuses vibrant parallèlement à la direction de vibration de la lumière d'insolation sont moins absorbées que celles vibrant à angle droit de cette direction. T. Kondo ([3]) a constaté que 450 colorants sur 1700 examinés présentaient cette propriété. Le rapprochement entre cet effet et la théorie de l'anisotropie d'absorption et d'émission de la lumière par des molécules de colorants ([4]) n'a pas été fait à notre connaissance. Nous nous proposons de montrer que les considérations simples dans cet ordre d'idées permettent de prévoir l'allure générale du phénomène.

Schématisant à l'extrême, nous allons considérer comme seuls intéressants deux états énergétiques de la molécule : un état E_1 (normal), à partir duquel se fait l'absorption envisagée, et un état E_2 (excité), à partir duquel ne se fait aucune absorption dans la même région spectrale. Lors de

([4]) Sur l'effet Matteucci, voir H. Ostermann et F. v. Schmoller, *Zeits. f. Phys.*, 78, 1932, p. 690, et W. Schütz, *Zeits. für Physik*, 78, 1932, p. 697.

([5]) R. Becker, *Zeits. f. Phys.*, 62, 1930, p. 253; R. Becker et M. Kersten, *Zeits. f. Phys.*, 64, 1930, p. 660.

([1]) Séance du 15 mars 1937.

([2]) F. Weigert, *Verh. D. Phys. Ges.*, 21, 1919, p. 485.

([3]) T. Kondo, *Zs. Wiss. Photogr.*, 31, 1932, p. 153, 167.

([4]) S. J. Wawilow et W. L. Lewschine, *Zs. f. Phys.*, 16, 1923, p. 135. F. Perrin, *Comptes rendus*, 180, 1925, p. 581 et *Ann. de Phys.* 12, 1929, p. 169.

l'absorption, la molécule peut passer de E_1 à E_2 avec une probabilité d'excitation B. Cette probabilité d'absorption dépend de l'intensité de la lumière excitatrice, de sa fréquence et de son état de polarisation, l'absorption correspondant à l'excitation d'un oscillateur linéaire. La molécule peut aussi revenir de E_2 à E_1 avec une probabilité B', ce passage étant généralement accompagné de phénomènes thermiques (pas d'émission de lumière). Ces hypothèses correspondent à un pâlissement de la couche colorée consécutif à l'insolation, à cause de la diminution de la concentration en molécules à l'état E_1. Ce pâlissement est définitif si $B' = 0$, temporaire si $B' \neq 0$, nul si B' est très grand. Le dichroïsme résulterait de l'anisotropie que nous avons supposée pour l'absorption individuelle d'une molécule et en particulier de l'assimilation de cette absorption à celle d'un oscillateur linéaire.

En électromagnétisme classique, l'énergie absorbée par un oscillateur linéaire amorti est proportionnelle au $\cos^2$ de θ, angle de cet oscillateur avec le champ électrique du rayonnement. Par correspondance nous pourrons dire que la probabilité d'excitation est proportionnelle à $\cos^2\theta$. On a alors

$$B = CI\cos^2\theta,$$

I étant l'intensité de la lumière excitatrice, C un coefficient dépendant de la fréquence.

Soient des axes ox et oy dans le plan de la couche colorée. Si ox est la direction de la vibration électrique de la radiation d'insolation, les oscillateurs parallèles à ox possèdent la plus grande probabilité d'excitation, ceux dont la projection sur le plan de la couche se fait sur oy auront une probabilité nulle d'excitation. Au bout d'un certain temps d'insolation, le passage à l'état excité E_2 causant une diminution du pouvoir absorbant, on conçoit sans calcul que si les molécules ne bougent pas après l'insolation, un faisceau de lumière polarisée rectilignement, traversant la couche normalement, est moins absorbé si sa vibration s'effectue suivant ox que si elle s'effectue suivant oy. Mais les calculs peuvent être menés à bout particulièrement dans les deux conditions suivantes, qui se rapprochent de celles des expériences : *a*. $B' = 0$ et le temps t petit; *b*. B/B' petit devant 1. K_x et K_y étant les coefficients d'absorption pour des faisceaux vibrant rectilignement suivant ox et oy, on a

$$\left.\begin{array}{l} K_x = K_0\left(1 - \frac{9}{16}\varepsilon\right) \\ K_y = K_0\left(1 - \frac{3}{16}\varepsilon\right) \end{array}\right\} \quad \text{où} \quad \varepsilon = \begin{cases} CIt & \text{dans le cas } a, \\ \frac{CI}{B'}\left(1 - e^{-tB'}\right) & \text{dans le cas } b. \end{cases}$$

Cette théorie montre que 1° ne donnent lieu à l'effet Weigert que les couches colorées qui pâlissent à l'insolation; 2° $Ky > Kx$; 3° dans le cas *a*, le dichroïsme croît avec la durée d'insolation; dans le cas *b*, il tend vers une valeur limite; 4° dans le cas *b*, le dischroïsme disparaît spontanément après un temps assez long après l'insolation; 5° dans ce même cas, une deuxième insolation avec de la lumière vibrant à 90° de la première, tourne de 90° l'axe du dichroïsme. Tous ces résultats correspondent à des faits observés par Kondo ([3]).

Il nous reste à traiter le cas où l'absorption et l'observation font appel à des vibrateurs différents, cas qui pourrait conduire à un effet de signe contraire.

RADIOACTIVITÉ. — *Sur certaines régularités dans les niveaux nucléaires des atomes radioactifs.* Note ([1]) de MM. **Salomon Rosenblum** et **Marcel Guillot**, transmise par M. Jean Perrin.

Nous avons montré ([2]) qu'il existait des intervalles énergétiques égaux, et certains éléments de symétrie, dans les schémas de niveaux déduits des spectres de rayon α.

En généralisant, on est conduit à envisager la possibilité de répétition d'un même intervalle dans les schémas de niveaux relatifs aux désintégrations β.

Dans le $\mathrm{Th\,B} \xrightarrow{\beta} \mathrm{Th\,C}$, par exemple, on signale ([3]) des rayonnements γ de 115, 164, 238, 250 et 300 ekV, et on admet de plus l'existence d'un niveau

$$415 \simeq 300{,}1 + 115{,}1 \simeq 164{,}1 + 250{,}6.$$

Si l'intervalle 164 était répété, on pourrait s'attendre à un rayonnement de $250{,}6 - 164{,}1 = 86{,}5$. Or on peut trouver

$$(\text{raie } \beta\, D_b)\ 69{,}74 + 16{,}32\ (L_I\ 83) = 86{,}06,$$
$$(\text{raie } \beta\, D_b)\ 70{,}96 + 15{,}66\ (L_{II}\,83) = 86{,}62.$$

De même, si l'intervalle 115 était répété, on aurait

$$176{,}5 - 115{,}1 \simeq 238{,}1 - 176{,}5 \simeq 300 - 238{,}1 = 61{,}7.$$

L'intervalle 61,7 existerait donc trois fois.

([1]) Séance du 15 mars 1937.

([2]) S. Rosenblum, *Journ. Phys.*, 7e série, 1, 1930, p. 438; *Comptes rendus*, 202, 1936, p. 943; S. Rosenblum et M. Guillot, *Comptes rendus*, 204, 1937, p. 175 et 345.

([3]) Voir par exemple J. Surugue, *Thèse*, Paris, 1936.

Un autre cas simple est celui de l'AcB $\xrightarrow{\beta}$ AcC auquel on attribue (4) les rayonnements 829,5, 425,6, 403,8 et 65,2. On a 829,5 $\simeq$ 425,6 + 403,8. Si l'intervalle 404 était répété on aurait par exemple 425,6 — 403,8 = 21,8, et le rayonnement de 65,2 ekV se trouverait relié au schéma par la relation : 65,2 $\simeq 3 \times 21,8$. Le schéma deviendrait alors très régulier. Ce rayonnement de 21,8 ekV n'a pas été signalé, mais le domaine de ces rayonnements nous est encore peu exploré.

Nous avons remarqué d'autre part que certains intervalles semblaient être communs à plusieurs corps, dans la famille du thorium. Nous allons voir qu'il en est peut-être de même pour le RaC' et l'AcB $\xrightarrow{\beta}$ AcC.

Les deux seuls rayons α de long parcours connus pour le ThC' étaient, nous l'avons vu, représentés par les différences $722 = 5 \times 144$ et

$$11 \times 163 \simeq 1797 \simeq 11 \times 164.$$

Comme les deux nombres 144 et 164 sont dans le rapport de 7 à 8, il en résulte que

$$(11 \times 164) \simeq \frac{5}{2}(5 \times 144).$$

Dans le même ordre d'idées, recherchons si des rapports simples existent entre les intervalles correspondant aux rayons de longs parcours du RaC', parmi lesquels 12 groupes sont signalés [5]. Les rayonnements γ les plus intenses, 607 et 1414 [6], correspondent seuls directement aux différences entre les énergies de rayons de longs parcours et celle du groupe principal α du RaC'. On a

$$608 \pm 4(\alpha) \simeq 607(\gamma) \simeq 404 \times \frac{3}{2},$$

$$1412 \pm 3(\alpha) \simeq 1414(\gamma) \simeq 404 \times \frac{7}{2},$$

donc

$$1414 - 607 \simeq 2 \times 404.$$

On a également

$$(\alpha)\ 2015 \pm 7 \simeq 5 \times 404 \simeq 2010,5\ (\gamma)\ ?\ (\text{raie } \beta\, V_c),$$
$$(\text{raie } \beta\, IIa_4)\ 309,9 + 93,01 \simeq 404.$$

---

(4) T. Graf, *Comptes rendus*, 197, 1933, p. 238; J. Surugue, *loc. cit.*; K. T. Li, *Proc. Roy. Soc.*, A, 158, 1937, p. 580.

(5) Lord Rutherford, W. B. Lewis et B. V. Bowden, *Proc. Roy. Soc.*, A, 142, 1933, p. 347.

(6) C. D. Ellis, *Proc. Roy. Soc.*, A, 143, 1934, p. 350.

Le rayonnement (γ) 606 ekV est signalé comme plus intense que le rayonnement 1414, ce qui rappelle la décroissance des intensités dans les séries du spectre α du ThC.

On admet aussi, pour le RaC′, un rayonnement γ de 426 ekV et l'on connaît des rayonnements α de long parcours pour lesquels les différences énergétiques sont

$$(\alpha)\ 1283 \pm 10 \simeq 3 \times 426.5\,(\gamma) \simeq 1279,6\ (\text{raie } \beta S_1),$$
$$(\alpha)\ 2138 \pm 6 \simeq 5 \times 426,5\,(\gamma).$$

Le nombre 426,5 existe encore comme différence entre d'autres groupes de long parcours du RaC′, comme l'a déjà remarqué Lord Rutherford.

Les nombres 426,5 et 404/2 = 202 interviennent donc de manière particulière dans le schéma du RaC′. Il nous semble curieux que les mêmes nombres (aux erreurs d'expérience près) soient à la base du schéma de l'AcB $\xrightarrow{\beta}$ AcC. Si cette analogie était plus profonde, on pourrait même s'attendre à rencontrer les rayonnements 65 et 830 (connus dans l'AcB $\xrightarrow{\beta}$ AcC) dans le RaC′. Or un rayonnement de 766 ≃ 830 — 65 est déjà admis par Ellis. De plus, en utilisant les données expérimentales de cet auteur, on trouve

$$(\text{raie } \beta P_{a1})\,738,42 + 93,01\,(K) = 831,43,$$
$$(\text{raie } \beta N_c)\,447,35 + 93,01\,(K) = 540,4 \simeq 606 - 65.$$

Un rayonnement faible de 65 ekV environ pourrait être déduit de la raie βB, déjà utilisée pour le rayonnement γ de 53 ekV du RaB $\xrightarrow{\beta}$ RaC. Enfin, à la différence 1414 — 831,4 ≃ 583 on peut faire correspondre

$$(\text{raie } N_{c_2})\,490,61 + 93,01\,(K) = 583,6.$$

On a, d'autre part, $1663 \pm 7(\alpha) \simeq 2 \times 831,4(\gamma)$.

Une nouvelle étude expérimentale de la question serait toutefois souhaitable pour serrer de plus près les coïncidences observées.

CHIMIE MINÉRALE. — *Synthèse sous pression des silicates de calcium hydratés.* Note de Mlle **Jeanne Foret**.

La synthèse des silicates de calcium hydratés a été réalisée à l'autoclave vers 170 à 200°. A côté du silicate monocalcique, Nagay [1] a obtenu les

[1] Nagay, *Journ. of the Soc. of Chem. Ind. Jap., Sup. Bind*, 36, 1933, p. 1.

composés $2SiO^2.3CaO.8H^2O$, $2SiO^2.3CaO.H^2O$, $SiO^2.2CaO.H^2O$; Köhler [2] a obtenu $SiO^2.2CaO.uH^2O$, avec $u \leqq 1$ qu'il a identifié à l'hillebrandite; Vigfusson, Bates et Thorwaldson [3] par mélange de quartz et de chaux ou de gel de silice et de chaux, ont abouti à des silicates bicalciques, de spectres X différents et différents de l'hillebrandite.

Ce travail a eu pour but la synthèse du silicate bicalcique hydraté, et des silicates plus calciques. La méthode employée a été celle de la synthèse sous pression des silicates monocalciques [4]. Dans les expérienees suivantes, le domaine d'investigation s'est étendu de 120 à 300°; la durée de mise sous pression a été de 6 à 8 jours. Les produits de la réaction ont été identifiés par l'analyse chimique et l'analyse aux rayons X.

Les premiers essais sont relatifs à la synthèse du silicate bicalcique hydraté. Le mélange initial, quartz et chaux, a été effectué dans le rapport moléculaire $CaO : SiO^2$ égal à 2.

L'analyse chimique par la méthode glycéro-alcoolique, indique, pour les composés obtenus au-dessous de 130°, une quantité de chaux libre presque équivalente à 1^{mol} de CaO pour 1^{mol} de silicate monocalcique; le diagramme aux rayons X de ces mêmes composés présente le spectre du silicate monocalcique α et les raies de la chaux libre.

Pour les composés obtenus au-dessus de 130° dans les mêmes conditions d'expérience, l'analyse chimique ne révèle pas de chaux libre; les diagrammes X présentent exclusivement le spectre du silicate monocalcique β, sans les raies de la chaux libre. Ces résultats s'étendent au domaine situé entre 130° et 300°. L'introduction d'une molécule de chaux, aurait abaissé de 10° environ la température de transformation de la forme α à la forme β [4].

L'étude de l'hydratation indique une teneur en eau d'autant plus faible que la température de formation a été plus élevée :

Silicates formés vers	130°.	140°.	150°.	165°.	185°.	200°.	255°.	292°.
H^2O de cristallisation	1,68	1,67	1,61	1,52	0,97	0,52	0,30	0,31

Il faut noter les chiffres 1,68 et 1,67 vers le point de transformation, à rapprocher du chiffre 0,66 de l'hydrate de silicate monocalcique à 140°.

Les expériences dans le but d'obtenir des silicates plus calciques ont

---

(2) Köhler, *Tonind. Ztng*, 59, 1935, p. 739.

(3) Vigfusson, Bates et Thorwaldson, *Cau. J. Research*, 11, 1934, p. 520.

(4) J. Foret, *Comptes rendus*, 203, 1936, p. 80.

permis d'établir les résultats suivants : la chaux est d'autant plus absorbée que la température de formation du silicta est plus élevée, que la quantité de chaux vis-à-vis de la SiO^2 est plus grande, que le temps de contact est plus prolongé. A 180° le silicilate tricalcique est formé sans apparence de chaux libre, à 195°, le silicilate tétracalcique. Quelle que soit la proportion de chaux, tous ces silicates présentent le même spectre X, celui du silicate monocalcique β.

On a essayé d'autre part la synthèse de silicates acides tels que $2SiO^2.CaO.aq$.. L'analyse indique une partie de silice non combinée, et les spectres X présentent les raies du quartz à cette température, superposées au diagramme du silicate monocalcique.

On peut donc conclure que tous ces silicates de calcium hydratés se réduisent entre 130° et 300° à une phase bien définie absorbant plus ou moins de chaux. Cette phase paraît être le silicate monocalcique dans la forme qu'il affecte au-dessus de 140°. Cette hypothèse est confirmée par les faits suivants : les silicates moins calciques présentent de la silice libre; l'hydrate de silicate bicalcique à 140° indique la superposition de 1^{mol} de $Ca(OH)^2$ à 1^{mol} de silicate monocalcique; le passage du silicate monocalcique α, bien défini par les expériences de MM. Jolibois et Chassevent ([5]), se fait sans brusque discontinuité d'hydratation, à la forme β, et la même continuité de déshydratation progressive se poursuit jusqu'à la wollastonite.

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur l'existence de cupriperiodates cristallisés.* Note de M. **Léon Malaprade**, transmise par M. Robert Lespieau.

L'existence de cupriperiodates, complexes formés par combinaison du cuivre trivalent avec l'iode heptavalent, a été entrevue par Urtis ([1]) qui oxydait par le persulfate de potassium de l'hydrate cuivrique en solution dans un mélange de periodate de potassium et de potasse caustique.

Cet auteur n'a pu obtenir de produits cristallisés définis, et une étude potentiométrique de la solution l'a amené à la conclusion qu'il s'agit non d'un complexe, mais d'une solution colloïdale de cuprate $[Cu(OH)^4]K$,

([5]) Jolibois et Chassevent, *Comptes rendus*, 188, 1929, p. 453.

([1]) Urtis, *Rec. Tr. Ch. Pays-Bas*, 44, 1925, p. 424.

stabilisée par la présence de périodate, stabilisation qu'il attribue d'ailleurs à la tendance qu'ont les periodates à former des complexes.

En répétant les expériences d'Urtis, avec le même mode opératoire, mais en solution plus concentrée en potasse caustique, et en faisant réagir au moins deux molécules d'acide periodique par molécule d'hydrate cuivrique, nous avons obtenu des solutions brunes, parfaitement limpides par dilution, et à partir desquelles il est facile de faire cristalliser des cupriperiodates, en leur ajoutant de la soude : les cupriperiodates de sodium, peu solubles, cristallisent alors. Nous avons ainsi obtenu des composés où l'analyse décèle les rapports



$$Cu^{3+} : I^{7+} : Na = 1 : 2 : 7 \text{ et } 1 : 2 : 5.$$

Le premier de ces deux sels est brun foncé; le deuxième est couleur lie de vin, et résulte de l'hydrolyse du premier; ses cristaux ont au microscope la forme de parallélogrammes. Le cuivre y est entièrement à l'état *trivalent*. Ces composés ne sont stables qu'en milieu alcalin.

L'hydrate de nickel, remplaçant l'hydrate cuivrique dans la préparation, donne les mêmes solutions brunes, mais nous n'avons rien pu en isoler jusqu'à présent.

La tendance qu'ont les periodates à donner des complexes, selon Urtis, ne s'était jusqu'à présent manifestée que dans la formation des hétéropolyacides molybdo- et tungstoperiodiques. L'isolement de cupriperiodates, suivant celui de cobaltiperiodates parfaitement définis ([2]) à l'état cristallisé ou en solution, l'existence à peu près certaine de nickeliperiodates, montrent que l'iode heptavalent peut également entrer dans des complexes de coordination, s'éloignant ainsi encore un peu plus de son homologue, le chlore heptavalent.

La description complète de la préparation et de l'analyse des cupriperiodates sera faite dans un autre Recueil.

MÉTALLURGIE. — *Sur la recristallisation d'alliages aluminium-magnésium.* Note ([1]) de MM. **R. Michaud** et **E. Segol**, transmise par M. Georges Charpy.

On sait que l'élévation de température, après trempe, des alliages aluminium-magnésium à faible teneur en magnésium produit deux effets :

([2]) L. Malaprade, *Bull. Soc. Chim.*, 5e série, 3, 1935, p. 359.

([1]) Séance du 15 février 1937.

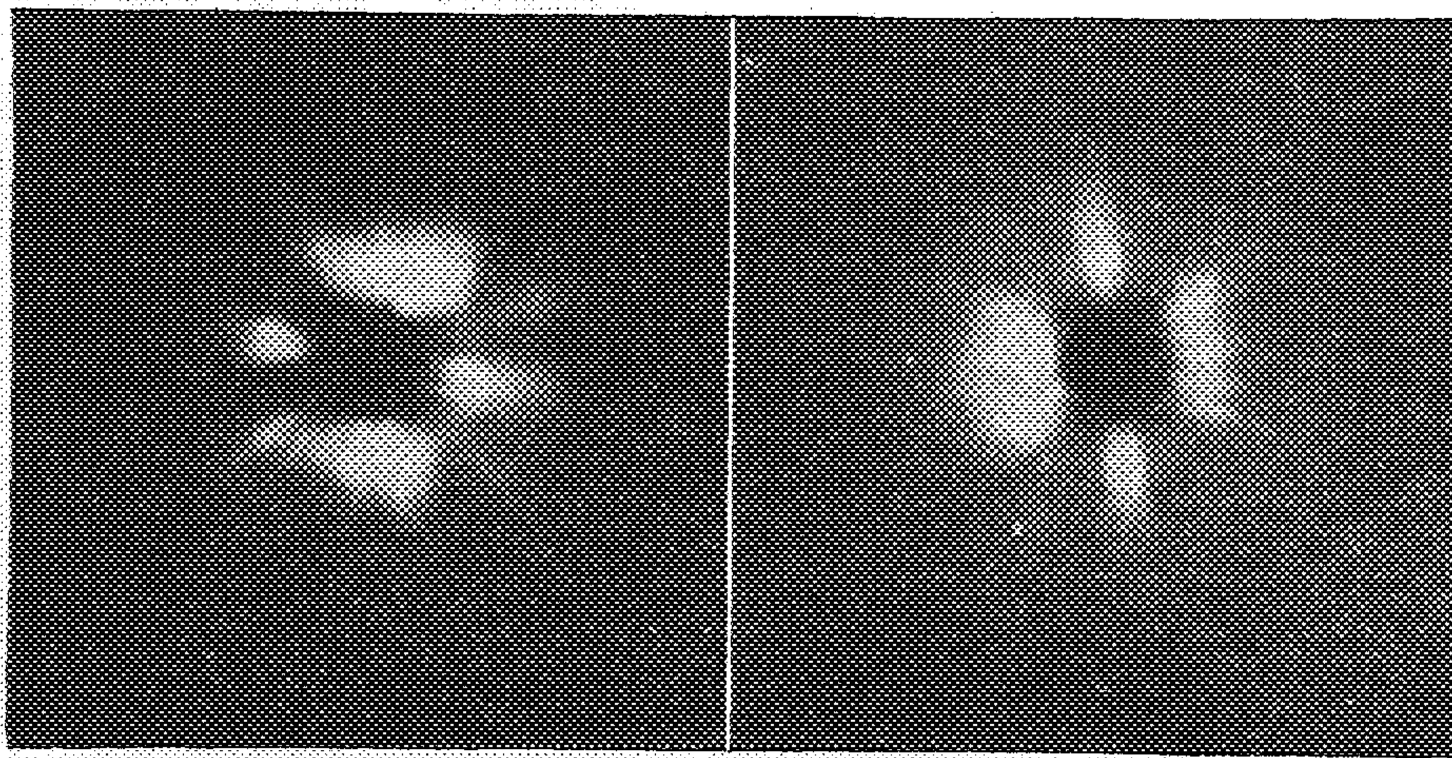
précipitation de la phase β d'une part, recristallisation des grains d'autre part.

Nous avons pensé que la recristallisation ne doit commencer que lorsque la précipitation est à peu près terminée et nous avons cherché à vérifier cette hypothèse au moyen de diagrammes obtenus aux rayons X sur une série d'alliages aluminium-magnésium dans lesquels la teneur en magnésium variait de 2,13 pour 100 à 12,70 pour 100.

Le pourcentage total d'impuretés de ces alliages était inférieur à 0,07.

Tous les échantillons proviennent de billettes, filées ensuite à la presse, sous forme de méplats de 40×6^{mm}. Ces méplats ont été recuits pendant 4 heures à 425°C. puis trempés à l'huile, enfin laminés à froid, par fortes passes identiques, jusqu'à la même épaisseur de 1^{mm}.

Par élévation de température, la phase β du diagramme d'équilibre (cf. *fig.* 1, d'après Schmidt et Siebel) précipite.



Revenu 320 C°. Revenu 330° C.

Fig. 1.

Nous avons procédé à deux séries d'expériences :

A. Le début de la recristallisation (*cf.* diagrammes, *fig.* 2), a été apprécié au moyen de diagrammes de Laue pris après un revenu d'une demi-heure à des températures croissant de 10 en 10°C. On obtient la courbe 1 qui se compose de deux branches :

a. Une branche descendante; la teneur en magnésium y est inférieure à 3 pour 100. D'après le diagramme d'équilibre, la solution solide α est stable à toute température : l'abaissement de la température de recristallisation commençante est

dû uniquement à l'effet connu de l'écrouissage, qui croît avec la teneur en magnésium, comme l'indiquent les mesures de dureté.

b. Une branche ascendante; la teneur en magnésium est supérieure à 4 pour 100, et la phase β précipite.

L'influence de cette précipitation est prépondérante devant celle de l'écrouissage : la température de recristallisation commençante croît avec la teneur en magnésium.

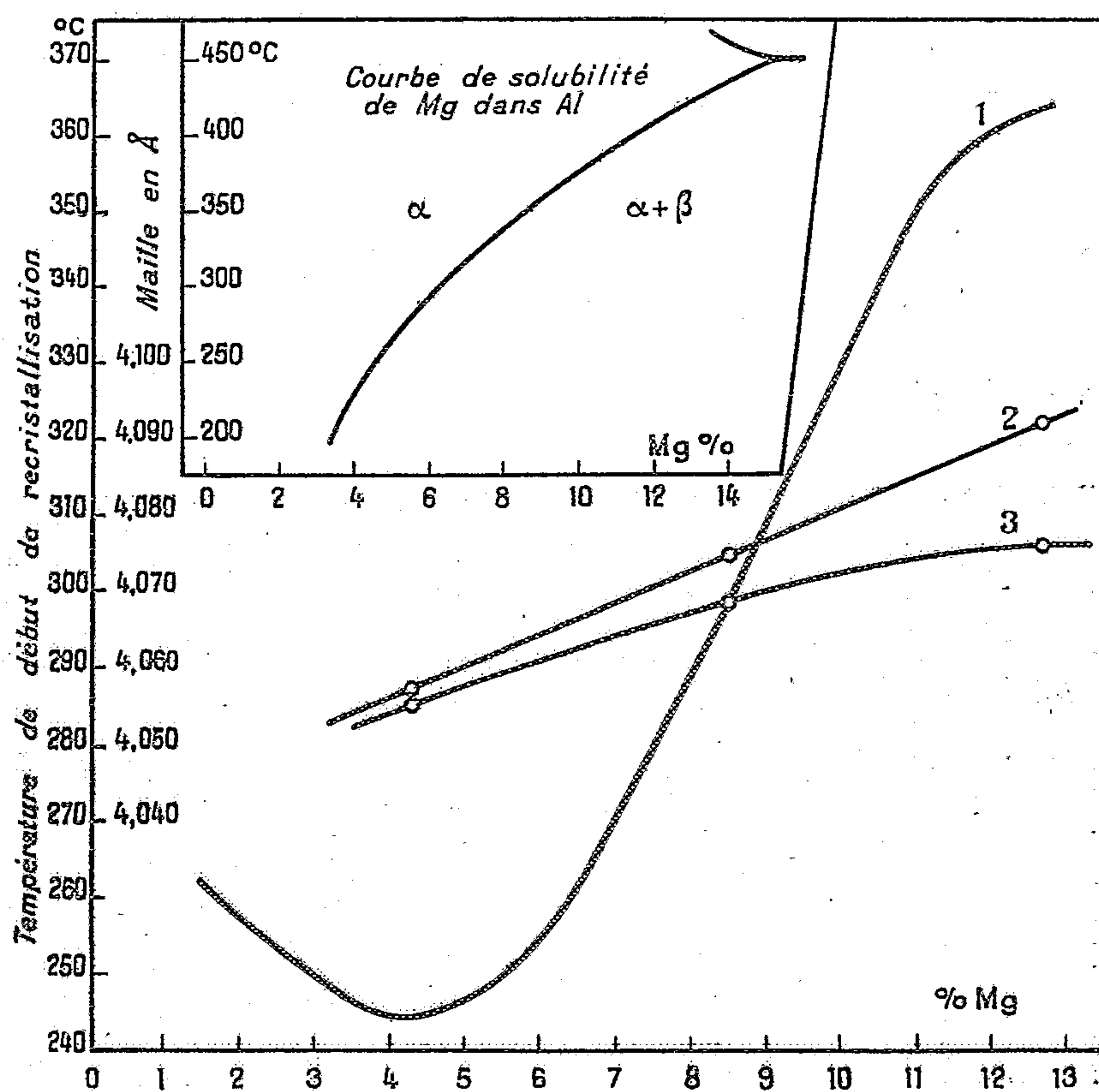


Fig. 2. — Mg = 9.52 pour cent.

Entre 3 pour 100 et 4 pour 100 de magnésium il existe une zone intermédiaire où les effets de l'écrouissage et de la précipitation s'équilibrent sensiblement.

B. La mesure des distances réticulaires à partir des diagrammes de Debye et Scherrer sur les plans (422) a montré que :

1° Pour les alliages trempés non revenus, la variation de la distance réticulaire est linéaire (courbe 2), ce qui confirme que tous ces alliages sont en même état structural.

2° Pour les alliages revenus jusqu'à recristallisation commençante on obtient la courbe 3. La comparaison des courbes 2 et 3 permet de déterminer le pourcentage de magnésium restant en solution solide. On trouve que celui-ci est précisément celui indiqué par la courbe de solubilité, à la température considérée : la précipitation des particules est donc très sensiblement complète au début de la recristallisation.

Ces résultats, en confirmant l'hypothèse initiale, montrent que l'effet retardateur de la phase β sur le grossissement des grains des alliages aluminium-magnésium trempés, persiste tant que cette phase n'est pas entièrement précipitée.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Réduction de l'α-d-glucoheptulose par le Nickel de Raney*. Note de Mme **Yvonne Khouvine**, présentée par M. Gabriel Bertrand.

Nous avons montré ([1]) que l'α-*d*-glucoheptulose préparé par isomérisation alcaline du β-*d*-glucoheptose, comme l'α-*l*-glucoheptulose obtenu par la méthode biochimique de G. Bertrand ([2]), donne par réduction un alcool que ne laisse pas prévoir la théorie, un glucoheptulitol. Pour que les réductions par l'amalgame de sodium soient rapides et totales il faut que la température s'élève vers 40° et que le milieu soit légèrement alcalin au tournesol. Dans nos conditions expérimentales, il était assez difficile de régler la température et l'alcalinité. C'est pourquoi nous pouvions croire qu'au cours de la réduction la température et l'alcalinité devenaient favorables à une isomérisation de l'heptulose et à la formation d'un alcool inattendu.

Nous avons d'abord essayé de réduire l'α-*d*-glucoheptulose à 15°, en milieu légèrement acide. Dans ces conditions, 5^g d'heptulose ne sont pas entièrement réduits par l'amalgame de sodium après plusieurs jours d'agitation, et il est presque impossible de séparer entièrement les alcools de l'ose non réduit. Le seul alcool que nous ayons pu identifier est l'α-glucoheptitol.

Si la réaction, à 15°, devient légèrement alcaline au tournesol, la réduction est totale et il se forme de l'α-glucoheptitol et de l'α-glucoheptulitol, mais non le β-glucoheptitol.

Nous avons ensuite réduit l'α-*d*-glucoheptulose par le nickel de Raney, fraîchement préparé. Nous avions auparavant essayé ce catalyseur sur le *l*-sorbose, en milieu neutre, et, comme l'avaient déjà fait pour nous M. Delépine et A. Horeau ([3]), en milieu très légèrement alcalin (environ

([1]) *Comptes rendus*, 198, 1934, p. 985.

([2]) G. Bertrand, *Ann. Chim. Phys.*, 8e série, 3, 1904, p. 181.

([3]) M. Delépine et A. Horeau, *Bull. Soc. Chim.*, 4, 1937, p. 31.

$n/80$). En milieu hydro-alcoolique alcalin, la réduction du l-sorbose est rapide et totale. En milieu aqueux neutre, la réduction est beaucoup plus lente, mais elle est cependant totale. Dans les deux cas, nous avons isolé les deux alcools prévus, que G. Bertrand avait obtenus avec l'amalgame de sodium, le *d*-sorbitol et le *d*-iditol.

L'α-*d*-glucoheptulose est réduit par le nickel de Raney beaucoup plus lentement que le *l*-sorbose. En solution aqueuse, en présence de NaOH $n/80$, l'absorption d'hydrogène est assez rapide au début, puis elle se ralentit au fur et à mesure que l'alcalinité disparaît, ce que M. Delépine et A. Horeau ont déjà remarqué pour d'autres oses. En milieu neutre, la réduction est particulièrement lente: 20g d'heptulose sont réduits après 5 à 6 jours seulement. Mais en milieu neutre et en milieu alcalin la réduction est totale: il ne reste que des traces d'ose non réduit. Dans les deux cas nous avons isolé l'α-glucoheptitol et le β-glucoheptitol sans α-glucoheptulitol. Il se forme d'ailleurs beaucoup plus d'α-heptitol que de β-glucoheptitol. Nous avons caractérisé ces alcools par leurs points de fusion, leur action sur la lumière polarisée et leur diagramme de diffraction aux rayons X. Ces constantes physiques sont identiques à celles que donnent respectivement les α et β-glucoheptitols préparés à partir des glucoheptoses α et β. La réduction de l'α-*d*-glucoheptulose par le Nickel de Raney conduit donc aux deux alcools prévus par la théorie.

Il semble bien que les heptulitols soient des produits secondaires qui se forment dans des conditions expérimentales favorables aux isomérisations. Si l'on n'a pas pu les identifier avec des heptitols déjà connus, c'est peut-être que ceux-ci n'ont pas encore été obtenus suffisamment purs. Mais le fait que l'*Acetobacter xylinum* donne avec les heptulitols des heptuloses reste encore tout à fait inexpliqué.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur l'obtention de la camphorone et de deux dihydrocamphorols stéréoisomères*. Note [1] de M. **Raymond Calas**, présentée par M. Marcel Delépine.

A. En vue de soumettre la camphorone à l'action de divers agents d'hydrogénation, nous avons été amené à en préparer une certaine quantité.

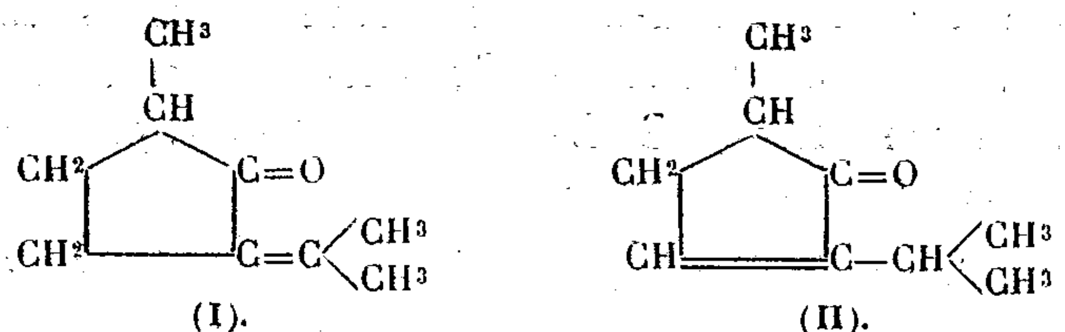
Depuis Gerhardt et Liès-Bodart [2], la camphorone ou 2-méthylisopro-

---

[1] Séance du 15 mars 1937.

[2] Gerhardt et Liès-Bodart, *Annalen der Chemie*, 72, 1878, p. 293.

pylidène-5-cyclopentanone (I) a été généralement préparée par décompo-



sition du camphorate *d* de calcium. Le produit obtenu renferme une certaine quantité de pulégénone ou 2-méthylisopropyl-5-cyclopentène-Δ_4-one (II) et de 2-méthylcyclopentanone.

Dans l'intention d'obtenir un rendement meilleur et d'éviter, si possible, la racémisation de ces cétones, nous avons substitué au camphorate *d* de calcium le camphorate *d* de thorium que nous avons soumis à l'action de la chaleur (450°) dans le vide. Cette opération conduit à un produit légèrement actif ($[\alpha]^{20°}_{5461} = +0°,13$) qui peut être fractionné avec une colonne très sélective en 2-méthylcyclopentanone racémique, $Éb_{15}$ 38-40° (5 pour 100) en pulégénone, $Éb_{15}$ 76° (17 pour 100), présentant une légère activité optique ($[\alpha]^{20°}_{5461} = +0°,73$) et en camphorone racémique, $Éb_{15}$ 85° (65 pour 100), le reste étant constitué par des queues de distillation non séparables.

B. L'hydrogénation de la camphorone par le sodium en milieu éthéro-aqueux donne, d'après Kerp [3], un alcool non saturé $C^9H^{16}O$. Nous avons repris cette méthode et montré que le produit ainsi obtenu, Eb_{15} 82°-84°, est un mélange de deux alcools. Il se combine en effet à l'anhydride phtalique pour donner deux esters isomères, qui peuvent être isolés par cristallisation fractionnée dans l'éther de pétrole : l'un, fusible à 114° (le moins abondant), l'autre, plus soluble, fusible à 84°.

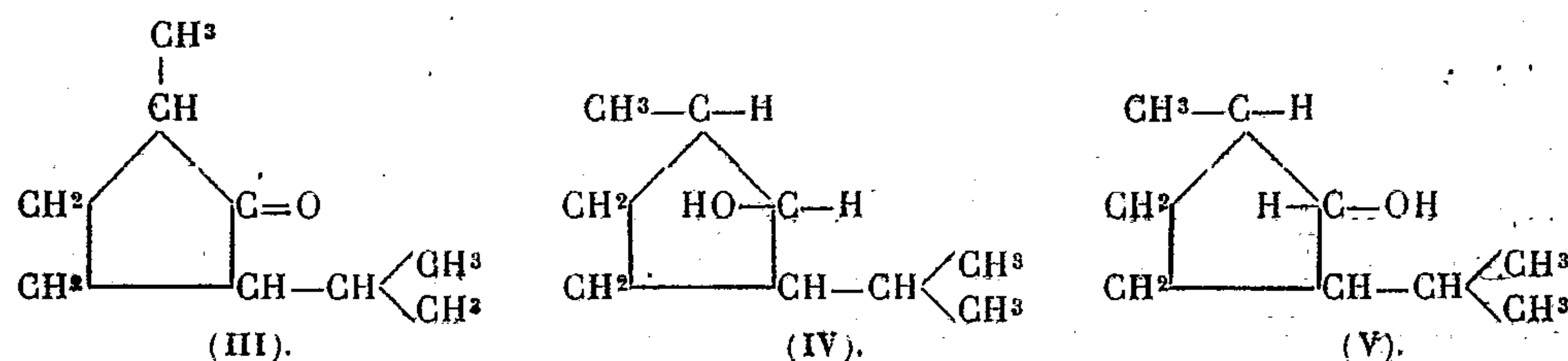
Les alcools retirés par saponification de ces phtalates ne correspondent pas à la formule $C^9H^{16}O$, leur oxydation chromique conduisant non pas à la camphorone prévue, mais à une même dihydrocamphorone $C^9H^{16}O$ (III), semicarbazone, F. 198°, déjà préparée par d'autres auteurs [4]; l'absence de la double liaison dans ces deux composés est d'ailleurs confirmée par l'étude de leur spectre Raman. Il s'ensuit que les corps obtenus sont deux

(3) KERP, *Annalen der Chemie*, **290**, 1896, p. 143.

(4) WALLACH, *Annalen der Chemie*, **327**, 1903, p. 155 ; SEMMLER, *Berichte der deuts. Chem. Ges.*, **37**, 1904, p. 237; GODCHOT et TABOURY, *Comptes rendus*, **156**, 1913, p. 471.

alcools saturés stéréoisomères répondant à la formule $C^9H^{18}O$, formule en accord avec les analyses de ces composés et de leurs dérivés.

La vitesse de saponification des phtalates acides de ces alcools permet d'avoir une idée de leur structure respective; l'ester (F. 114°) se saponifie plus lentement que le phtalate (F. 84°) : le premier correspondrait donc à un dihydrocamphorol *cis* (IV), l'autre à son isomère *trans* (V).



Les propriétés de ces deux alcools sont les suivantes :

Dihydro-camphorol.	Eb_{15}.	$D^{23°}_{23°}$.	$D^{23°}_{4°}$.	$n^{23°}_{D}$.	$n^{23°}_{4358}$.	$\frac{\Delta_n}{D}$.	R. M. trouvée.
Cis.......	83°,2	0,8926	0,8917	1,44996	1,45970	108.10^{-4}	42,79
Trans....	83,3	0,8968	0,8959	1,45196	1,46168	109.10^{-4}	42,75

Dihydro-camphorol.	R. M. calculée p. $C^9H^{18}O$.	η 23°.	γ 23° $\frac{\text{dynes}}{\text{cm.}}$.	Para-chor trouvé.	Parachor calculé p. $C^9H^{18}O$.	Para-nitro-benzoate.	Phtalate acide.
Cis.........	42,39	0,13477	30,3	374	379	F/71°	F/114°
Trans......	42,39	0,16531	30,6	375	379	F/58°	F/ 84°.

Rapport des vitesses de saponification des phtalates à 100° :

$$\frac{\text{K du } trans}{\text{K du } cis} = 1,5.$$

Il nous reste à indiquer les résultats obtenus dans l'hydrogénation de la camphorone en présence de métaux catalytiques.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur quelques cas de réduction provoqués par les composés organomagnésiens*. Note de MM. **Max Mousseron** et **Robert Granger**, présentée par M. Marcel Delépine.

Afin d'obtenir une série d'acides cyclanecarboniques, nous avons utilisé la carbonatation des organomagnésiens; comme l'indique Grignard [1], le

[1] *Bull. Soc. Chim.*, 3e série, 31, 1904, p. 751.

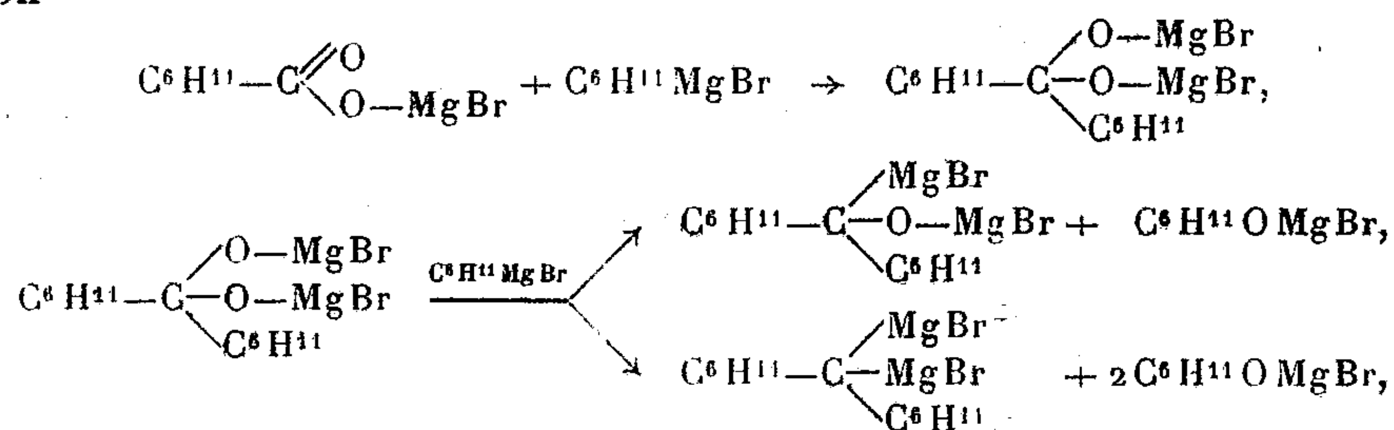
rendement ne dépasse jamais 80 pour 100, fait également observé par Gutt ([2]) pour le méthylchlorocyclohexylmagnésium; en 1903, Bouveault ([3]) étudie le premier les produits neutres issus de la carbonatation du bromure de cyclohexylmagnésium et admet non pas la formation d'alcool hexahydrobenzylique comme il l'avait tout d'abord soupçonné, mais de cyclohexanol qui semble prendre naissance par oxydation du magnésien par l'air.

Cette Note a pour but de reprendre cette étude et de déterminer le mécanisme de réaction en généralisant.

En vue de favoriser les réactions secondaires et de les rendre prépondérantes dans certains cas, nous avons additionné, par exemple, à 0° un tiers de solution éthérée de $C^6H^{11}MgBr$ traitée au préalable par CO^2 à deux tiers de liqueur magnésienne non carbonatée; après décomposition par l'eau, on isole une faible quantité d'acide cyclohexane-carbonique et une proportion importante de produits neutres constitués par du cyclohexène, du cyclohexanol, du cyclohexylcarbinol, du dicyclohexylméthane, du dicyclohexylcarbinol et du dicyclohexyle.

De même, si l'on vient à remplacer $C^6H^{11}MgBr$ par C^5H^9MgBr, on isole, entre autres, du cyclopentène et du cyclopentanol.

Les opérations s'effectuant dans une atmosphère d'azote, le cyclohexanol ne provient pas de l'oxydation par l'air, mais de produits de désoxydation



dont la décomposition par l'eau conduit respectivement au dicyclohexylcarbinol, au dicyclohexylméthane et au cyclohexanol.

D'autre part on peut adopter les idées de Vanine ([4]) pour l'action des aldéhydes sur les magnésiens et fixer différemment le magnésien sur la

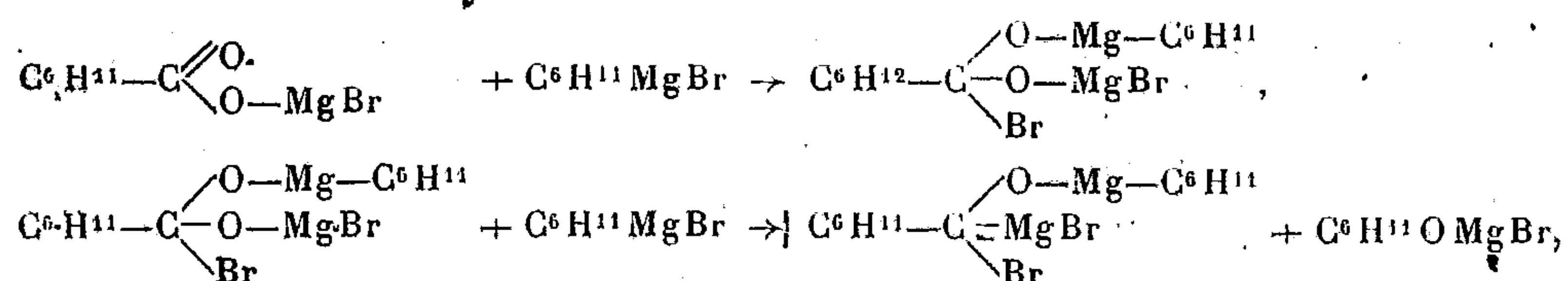
---

([2]) *Ber. dtsch. chem. Ges.*, 40, 1907, p. 2061.

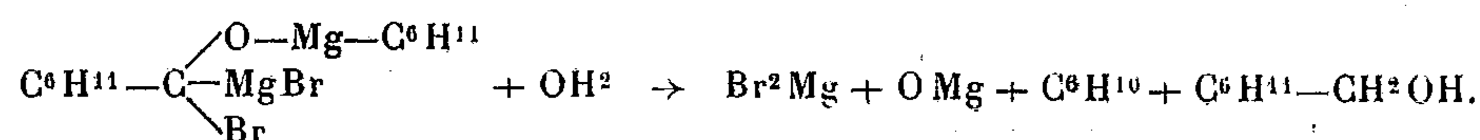
([3]) *Bull. Soc. Chim.*, 3e série, 29, 1903, p. 1051.

([4]) *Journ. Soc. chim. phys. Russe*, 47, 1915, p. 1094.

double liaison carbonylée

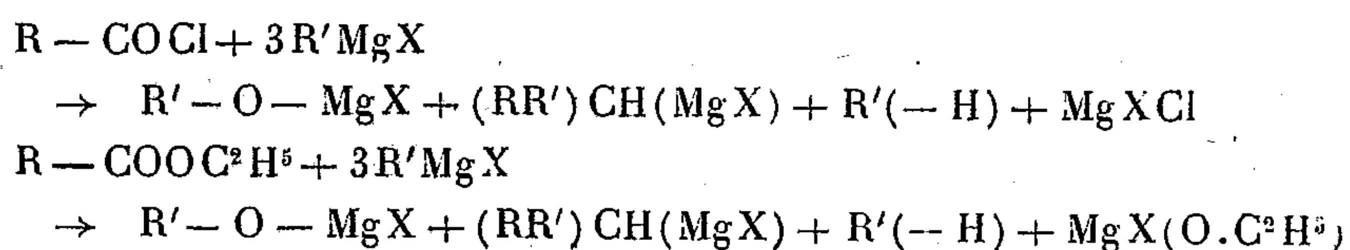


La décomposition par l'eau, donne du cyclohexanol, du cyclohexène et du cyclohexylcarbinol, dont la présence a été vérifiée par formation de cyclohexylaldéhyde



Les résultats expérimentaux prouvent que ces deux groupes de réactions s'effectuent simultanément. Les essais sont semblables en série acyclique; ainsi, l'action de n C^3H^7 — COO MgBr sur n C^3H^7MgBr conduit au propanol, au butanol et à l'heptanol 4; de même, par addition de n C^3H^7MgBr à C^6H^{11}COO MgBr, on sépare du propanol et du cyclohexylcarbinol; inversement, le mélange de C^3H^7COO MgBr et de C^6H^{11}MgBr permet d'obtenir le butanol, le cyclohexanol et le cyclohexène; n C^4H^9 — COO MgBr agissant sur C^6H^{11}MgBr fournit le n-pentanol, le cyclohexanol et le cyclohexène; enfin le propanol et l'alcool benzylique prennent naissance dans l'action de C^6H^5COO MgBr sur C^3H^7MgBr.

Nous avons étendu ce mécanisme de désoxydation aux chlorures et aux esters d'acides alicycliques; ainsi, en traitant le chlorure de l'acide cyclohexane-carbonique par le bromure de cyclohexylmagnésium ([5]), nous sommes parvenus à isoler à côté de la dicyclohexylcétone (60 pour 100), le cyclohexène, le cyclohexanol et le dicyclohexylméthane; il en est de même de l'action de C^6H^{11}MgBr sur le cyclohexane carbonate d'éthyle :



Le bromure de cyclohexylmagnésium fournit également avec les aldéhydes, en particulier les aldéhydes aromatiques, et les cétones alicycliques

([5]) DARZENS et ROST, *Comptes rendus*, 153, 1911, p. 772.

des réactions semblables; ainsi en traitant la cyclopentanone par $C^6H^{11}MgBr$, on isole, à côté du cyclohexène, du cyclohexanol avec un rendement de 40 pour 100.

En conclusion, les organomagnésiens, particulièrement ceux de la série alicyclique, interviennent comme agents de désoxydation soit dans les réactions de carbonatation, le magnésien pouvant se fixer selon deux modes sur la double liaison $C=O$, soit dans les réactions sur les chlorures, esters, aldéhydes, cétones appartenant surtout à la série cyclanique.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur les complexes halogéno-argento-benzoïques.* Note [1] de MM. **Charles Prévost** et **Joseph Wiemann**, présentée par M. Robert Lespieau.

Le complexe iodo-argento-benzoïque permet de transformer les éthyléniques $R - CH = CH - R$ en éthers bibenzoïques de glycols



$$R - [CH(OCOC^6H^5)]^2 - R.$$

Nous avons toujours considéré qu'il se fait intermédiairement un éther iodo-benzoïque, $R - CH(OCOC^6H^5) - CHI - R$ [2]. Les arguments indirects ne manquaient pas pour étayer cette hypothèse; il paraissait cependant indispensable d'isoler au moins une fois un éther iodo-benzoïque pur. Les expériences préliminaires étaient peu encourageantes.

Nous avons pu constater en effet qu'un iodure primaire RI réagit très rapidement sur le complexe iodo-argento-benzoïque selon l'équation



$$(C^6H^5CO^2)^2AgI + 2RI = I^2 + IAg + 2C^6H^5CO^2R.$$

Cette réaction est un peu plus lente que la formation d'iodobenzoates d'éthyléniques-1, mais plus rapide que la double décomposition classique



$$C^6H^5CO^2Ag + RI = C^6H^5CO^2R + AgI.$$

Ainsi la double décomposition se fait aux dépens du complexe, plutôt qu'aux dépens du benzoate d'argent libéré dans la première phase de la benzoxylation, résultat bien défavorable pour l'isolement d'éthers iodo-benzoïques.

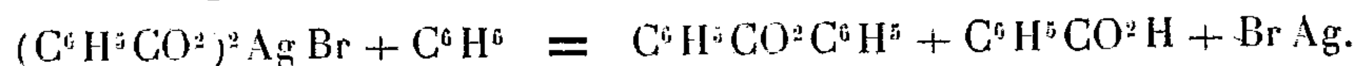
Par contre un bromure primaire, RBr, n'agit que beaucoup plus

(1) Séance du 15 mars 1937.

(2) Ch. Prévost, *Comptes rendus*, 197, 1933, p. 1661.

lentement, et de façon compliquée d'ailleurs, sur le complexe iodo-argento-benzoïque. S'il en était de même vis-à-vis du complexe bromo-argento-benzoïque, les éthers bromo-benzoïques seraient plus accessibles grâce à ces derniers agents. C'est pourquoi nous avons tenté la préparation de complexes bromo-, et même chloro-argento-benzoïques.

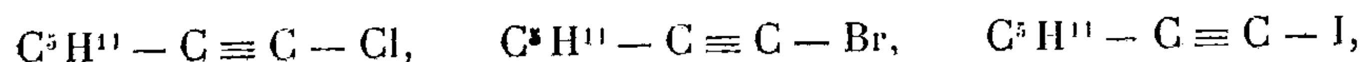
Mais, le milieu réactionnel restant le benzène, une autre réaction secondaire indésirable est apparue : la formation de benzoate de phényle, sans doute selon l'équation



$$(C^6H^5CO^2)^2AgBr + C^6H^6 = C^6H^5CO^2C^6H^5 + C^6H^5CO^2H + BrAg.$$

Le milieu benzénique est donc à exclure pour les complexes bromé et chloré. Nous avons fait appel au tétrachlorure de carbone. Dans ce milieu le chlore, le brome, l'iode, agissent rapidement sur le benzoate d'argent à froid, et il en résulte des complexes non isolés, possédant à un très haut degré les propriétés les plus intéressantes du complexe iodo-argento-benzoïque préparé dans le benzène, et n'en présentant pas les inconvénients.

Nous avons vérifié en effet que l'heptyne vrai conduit aux halogéno-acétyléniques respectifs

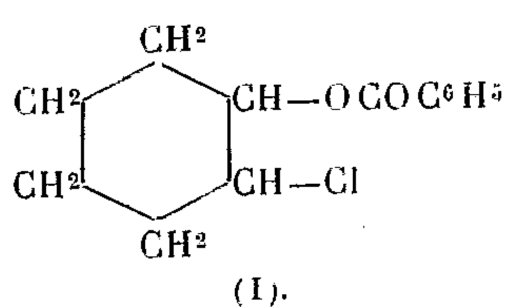


$$C^5H^{11}-C\equiv C-Cl,\qquad C^5H^{11}-C\equiv C-Br,\qquad C^5H^{11}-C\equiv C-I,$$

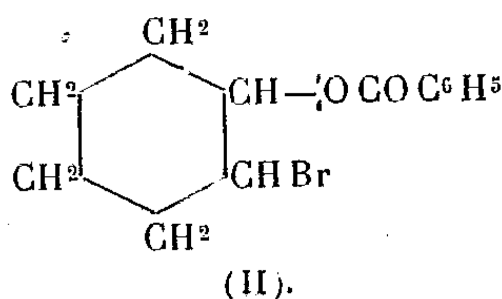
avec des rendements très satisfaisants dans les trois cas.

De plus, les complexes chloré et bromé réagissent immédiatement à froid sur les éthyléniques, même bisecondaires, et le cyclohexène conduit, avec de bons rendements, aux éthers chloro-benzoïque et bromo-benzoïque attendus [formules (I) et (II)]; ceux-ci fondent respectivement à 50° et à 64°.

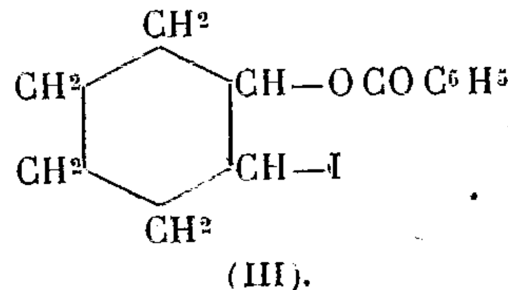
Avec le complexe iodé, l'addition au carbure est moins énergique; mais, après chauffage vers 50° pendant une dizaine de minutes, elle est à peu près complète et fournit, avec de bons rendements, l'éther iodo-benzoïque [formule (III)]. La très faible solubilité du complexe iodo-argento-benzoïque dans le tétrachlorure de carbone entrave sans doute la double décomposition qu'il s'agissait d'éviter. L'iodo-benzoate de cyclohexène fond à 54°. Les trois halogéno-benzoates sont isomorphes.



(I).



(II).



(III).

En résumé, le chlore, le brome et l'iode agissent de façon identique sur le benzoate d'argent, et forment des complexes doués de propriétés très voisines.

Nous avons ainsi vérifié définivement le mécanisme, soupçonné depuis l'origine, de l'action des complexes halogéno-argentiques sur les éthyléniques, nous avons montré que les complexes chloré et bromé sont plus réactifs que le complexe iodé; nous avons enfin ouvert la voie à de nombreuses synthèses puisque nous savons à volonté préparer, à partir des éthyléniques, des éthers bibenzoïques ou des éthers halogéno-benzoïques; à partir des acétyléniques vrais, des halogéno-acétyléniques et d'autres dérivés plus complexes dont nous poursuivons l'étude. Enfin une réaction que nous avons rencontrée accessoirement constitue une nouvelle synthèse des éthers-sels phényliques, à partir des carbures benzéniques.

PÉTROGRAPHIE. — *Nouvelles observations sur la thermoluminescence de certaines roches cristallophylliennes.* Note (1) de M. **Louis Royer**.

1. J'ai signalé (2) la thermoluminescence de certains gneiss et micaschistes feldspathiques qui affleurent sur le littoral nord-africain entre Alger et Bône. L'âge de ces schistes cristallins est encore discuté; cela tient au fait que le plus souvent cette série métamorphique ne peut être mise en relation stratigraphique qu'avec des terrains récents, éocènes ou oligocènes. Néanmoins, dans le massif des Beni-Afeur au sud de Djidjelli, M. F. Ehrmann (3) a signalé une série de gneiss et micaschistes qui sont situés à la base de roches fossilifères d'âge siluro-dévonien. Or les termes profonds des roches métamorphiques du massif des Beni-Afeur (gneiss grenatifère, gneiss œillés et glanduleux), ainsi que les pegmatites qui les traversent, donnent une thermoluminescence verdâtre d'autant plus intense que leur teneur en orthose est plus élevée. Ces schistes cristallins des Beni-Afeur, dont l'âge antésilurien est bien établi, se comportent donc au point de vue de la thermoluminescence comme les gneiss et micaschistes non datés des massifs d'Alger, de la Grande Kabylie et de la province de Constantine.

Il va sans dire que ce fait seul ne suffit pas pour pouvoir attribuer à ces

(1) Séance du 15 mars 1937.

(2) *Comptes rendus*, **204**, 1937, p. 602-604.

(3) *Bull. Serv. de la Carte Géologique de l'Algérie*, **1**, 1924, p. 138-151.

derniers également un âge antésilurien; pour cela nous savons trop peu de choses sur les causes de la thermoluminescence et ses relations avec la genèse des minéraux. Aussi me bornerai-je à signaler pour le moment cette identité de thermoluminescence de ces diverses roches.

2. J'ai recherché si les gneiss de régions autres que l'Algérie montraient des phénomènes de thermoluminescence analogues à ceux des schistes cristallins d'Algérie. De nombreuses observations m'ont montré que presque tous les gneiss anciens sont thermoluminescents.

Ainsi les gneiss de Corse, des Maures et de la région au nord de l'Esterel montrent une thermoluminescence verdâtre analogue à celle des gneiss du littoral algérien. Un gneiss œillé de Planès près de Montlouis ainsi qu'un gneiss d'Ax dans les Pyrénées manifestent tous deux une thermoluminescence intense dans les tons verdâtres avec quelques points jaunâtres très brillants.

Dans la région du Massif Central, les gneiss de Pontgibaud et de Fontanat près de Royat donnent une thermoluminescence verdâtre intense. Le granite de la Bourboule émet une luminescence jaunâtre, tandis que le granite de Montluçon est à peu près complètement dépourvu de thermoluminescence. Dans les Vosges, ce sont surtout les gneiss de Sainte-Marie-aux-Mines qui sont thermoluminescents dans les tons verdâtres ou bleuâtres; les granites du Ballon d'Alsace, de Gérardmer, du Hohwald par contre ne montrent qu'une thermoluminescence extrêmement faible ou nulle. Parmi les roches de Bretagne, on retrouve cette thermoluminescence verdâtre dans les gneiss de Roscoff, dans les schistes feldspathisés des environs du Faouët dans le Morbihan ainsi que dans les micaschistes au nord de Concarneau. Dans le Lyonnais, le gneiss granitoïde à cordiérite de Messimy donne une thermoluminescence verte très intense.

3. Ces essais avaient été entrepris pour essayer de fixer dans quelle mesure les phénomènes de thermoluminescence étaient susceptibles de contribuer à résoudre l'important problème de l'âge des schistes cristallins du littoral algérien. En l'absence de données stratigraphiques et en raison du fait que les compositions minéralogiques et chimiques des schistes cristallins et des roches éruptives voisines sont quasiidentiques, il y avait lieu de rechercher si la thermoluminescence pouvait apporter des renseignements nouveaux sur l'âge de ces roches.

Après toute une série d'expériences, il ne me semble pas que cela soit possible. Si la thermoluminescence permet sur le littoral algérien de distinguer les roches éruptives des schistes cristallins, elle ne fournit au point

de vue de l'âge de ces schistes qu'une présomption en faveur de leur âge ancien.

Mais peut-être la thermoluminescence permettrait-elle d'aborder un problème plus modeste, celui de distinguer dans la région du Djebel Filfila les deux ensembles métamorphiques, antésilurien et liasico-nummulitique, admis par M. L. Joleaud (4).

En effet, j'ai signalé que le granite du Filfila possède une thermoluminescence d'intensité et de teinte différentes de celles des schistes cristallins. Il se pourrait dans ces conditions que les sédiments métamorphisés par le granite du Filfila montrent une thermoluminescence autre que celle des schistes cristallins antésiluriens.

4. En ce qui concerne la thermoluminescence des cipolins, j'ai observé que l'intensité de celle-ci peut varier dans de larges limites d'un échantillon à l'autre. Ces cipolins se présentent sous deux aspects différents; d'une part, ils sont constitués par un calcaire cristallin à grain fin et de couleur bleuâtre ou grisâtre; d'autre part, ils se présentent sous forme d'un calcaire marmoréen, saccharoïde, à gros grain, d'une couleur blanche très pure. Or, très souvent la thermoluminescence de la variété saccharoïde blanche est faible ou même nulle, tandis que la variété bleuâtre à grain fin émet une luminescence très intense. Il est vraisemblable que lors du métamorphisme le cipolin à gros cristaux de calcite a été porté à une température plus élevée que celle qu'a subie le cipolin teinté à grain fin; en plus il est plus pur que ce dernier. C'est probablement ce manque d'impuretés qui explique la faible thermoluminescence du cipolin saccharoïde.

PHYSIQUE DU GLOBE. — *Origine électronique des bandes de l'azote dans le spectre de l'aurore boréale. Détermination de l'énergie des électrons excitateurs.* Note (1) de M. **René Bernard**, présentée par M. Charles Fabry.

Les variations d'intensité relative des systèmes de bandes de l'azote, excités par choc électronique, ont été étudiées et discutées, en tenant compte de la pression du gaz traversé par un flux d'électrons de vitesse croissante (2). Lorsqu'on augmente progressivement le potentiel accéléra-

(4) *Bull. Serv. de la Carte Géologique de l'Algérie*, 2e série, 12, 1936, p. 62.

(1) Séance du 15 mars 1937.

(2) R. Bernard, *Comptes rendus*, 204, 1937, p. 488.

teur, l'intensité des bandes du second groupe positif passe par un maximum aigu vers 16 volts, puis diminue très vite et devient pratiquement constante au delà de 25 volts. Par contre les bandes du système négatif apparaissent vers 19 volts et leur intensité présente un maximum très aplati au voisinage de 50 volts.

On sait d'autre part que les radiations caractéristiques de l'aurore polaire comprennent les divers systèmes de bandes des molécules d'azote neutre et ionisée. D'après les théories qui, comme celle de Dauvillier, attribuent à l'aurore une origine électronique, on doit s'attendre à constater, au point de vue des intensités relatives, une analogie profonde entre les bandes de l'azote du spectre de l'aurore et celles obtenues au laboratoire, par choc électronique, sous une tension déterminée.

Afin de vérifier s'il en est ainsi, j'ai comparé à des spectres d'aurore de nombreux spectres de l'azote raréfié, soumis à un bombardement électronique contrôlé, pour des tensions s'échelonnant de 18 à 300 volts. Les intensités relatives des deux systèmes N_2^+ et N_2 (2P) sont manifestement à peu près les mêmes pour l'aurore et pour les spectres correspondant à 30 volts environ, ce qui semble indiquer que les électrons qui excitent l'aurore ont une énergie assez bien définie.

Des mesures photométriques ont d'ailleurs permis de déterminer avec précision l'évolution relative de 5 bandes positives et de 2 bandes négatives, pour des tensions comprises entre 18 et 50 volts. Les résultats obtenus ont été comparés aux mesures de L. Vegard ([3]), d'après lesquelles les bandes considérées auraient les intensités suivantes : 3755 (17), 3805 (20), 3914 (200), 3942 (10), 3998 (15) 4059 (14) et 4278 (100). On obtient ainsi dix rapports distincts d'intensités qui, d'après les courbes expérimentales, conduisent aux valeurs suivantes du potentiel d'excitation de l'aurore :

Bandes N_2^+.	Bandes N_2(2P).	Potentiel d'excitation.	Bandes N_2^+.	Bandes N_2(2P).	Potentiel d'excitation.
	3755 A	27 volts		3755 A	27,2 volts
	3805	27,3		3805	27,4
3914 A....	3942	27	4278 A....	3942	26,9
	3998	26,8		3998	27,1
	4059	26,9		4059	27

La concordance remarquable de ces résultats montre : 1° que les bandes de l'azote du spectre de l'aurore ont très probablement une origine pure-

([3]) L. VEGARD, *Geofysiske Publikasjoner*, 10, IV, 1933, p. 34.

ment électronique; 2° que les électrons excitateurs (électrons secondaires de la théorie de Dauvillier) possèdent des vitesses voisines de 3100 km : s, d'après leur énergie moyenne de 27 eV.

Afin d'éliminer les causes d'erreur que comporte la méthode précédente, il conviendrait de procéder à l'étude photométrique directe de l'aurore, à l'aide d'un spectrographe très lumineux servant également aux expériences de laboratoire.

ÉLECTRICITÉ ATMOSPHÉRIQUE. — *Variations de la conductibilité électrique de l'air en fonction de la dépression barométrique, dans le caisson pneumatique.* Note [1] de MM. **J. Cluzet** et **P. Ponthus**, présentée par M. Charles Maurain.

La conductibilité électrique de l'atmosphère ($Kne + K'n'e'$) est la somme des conductibilités λ et λ', correspondant aux ions positifs et aux ions négatifs. Les conductibilités $\lambda = Kne$ et $\lambda' = K'n'e$, exprimées en unités électrostatiques C. G. S., sont soumises aux variations des termes n, n', nombre des ions positifs ou négatifs, par centimètre cube d'air, et K, K', mobilité de ces mêmes ions. Le terme e, charge élémentaire, constante, d'un ion, égale à $4,76.10^{-10}$ unité E. S. C. G. S., n'intervient pas dans les variations de la conductibilité.

On sait que la conductibilité croît avec la dépression barométrique de l'altitude [2], ainsi que le montrent les mesures faites en ballon, en avion et en montagne, du fait de l'augmentation du nombre et de la mobilité des ions.

C'est ainsi, par exemple, que Gerdien [3] et Wigand [4] trouvent, respectivement, que les valeurs de la conductibilité sont, à 6000^m et 6500^m, 8 à 10 fois et 11 fois les valeurs moyennes générales près du sol.

La dépression barométrique produite en caisson pouvait, *a priori*, bien que les conditions ne soient pas identiques à celles de la dépression en atmosphère libre, fournir des renseignements concernant l'influence de

---

(1) Séance du 15 mars 1937.

(2) Voir notamment Ch. Maurain, *Traité d'Électricité atmosphérique et tellurique*, 1924, p. 136.

(3) H. Gerdien, cité par Ch. Maurain, *loc. cit.*, p. 138.

(4) A. Wigand, *Phys. Zeits.*, 81, 1925; cité par B. F. J. Schonland, *Atmospheric Electricity*, 1932, p. 60.

l'augmentation de la mobilité K des ions, sur la conductibilité électrique de l'air déprimé, et permettre de les interpréter, grâce à la loi connue, reliant l'accroissement de mobilité des ions à la dépression.

Le caisson à dépression, de Leroux et Gatinois, permettait d'atteindre l'altitude fictive de 10000^m en 8 minutes environ. L'appareil du type Gerdien était situé dans le caisson, lui-même placé dans une salle du laboratoire.

La conductibilité fut déterminée à divers paliers, avec retour à l'altitude O entre chaque détermination. A chaque palier correspondait une valeur des conductibilités λ et λ', positive et négative, calculée d'après les formules classiques.

Ces mesures ont donné les résultats suivants :

1° Les conductibilités, positive et négative, augmentent rapidement lorsque la pression diminue. Voici des nombres se rapportant à la conductibilité positive :

Pressions en centimètres de mercure.	76.	60.	46.	35,5.	20.
Altitudes fictives (mètres).......	0.	2000.	4000.	6000.	10000.
λ U. E. S. 10^{-4}.............	0,77	1,07	2,90	4,15	6,54
λ calculé en raison inverse de la pression............	0,77	0,97	1,27	1,64	2,92

Ainsi l'accroissement de la conductibilité est beaucoup plus rapide que celui de l'inverse de la pression.

2° Pour des pressions faibles (de 35 à 20^{cm} de mercure) la conductibilité λ est plus petite que la conductibilité λ'. On trouve par exemple $\lambda/\lambda' = 6,54/7,39 = 0,88$ à 20^{cm} de mercure, contre $\lambda/\lambda' = 0,77/0,61 = 1,26$ à la pression barométrique normale.

Ce fait se retrouve dans les mesures effectuées lors d'ascensions en atmosphère libre.

De ces expériences il est possible de conclure que l'augmentation de la conductibilité électrique de l'air contenu dans un caisson à dépression est probablement due, pour une grande part, à l'augmentation de la mobilité des ions. Langevin (⁵) a en effet montré que la mobilité des ions varie en raison inverse de la pression.

Mais, l'accroissement de conductibilité étant beaucoup plus rapide que ne l'est l'inverse de la pression, on peut admettre que l'augmentation de mobilité des ions n'est pas le seul facteur de cet accroissement. Il est probable que les phénomènes qui se produisent dans une enceinte où l'on fait

(⁵) *Ann. Chimie et Physique*, 28, 1903, p. 513.

décroître assez rapidement la pression sont assez complexes. Les conditions y sont différentes (causes d'ionisation, recombinaison des ions, petits et gros) des conditions de l'atmosphère libre; on peut sans doute expliquer ainsi les variations particulières de la conductibilité de l'air dans le caisson à dépression.

GÉNÉTIQUE. — *Sur la composition élémentaire comparée de quelques organes floraux.* Note de Mme **Cécile Sosa-Bourdouil**, présentée par M. Louis Blaringhem.

Au cours de recherches de génétique, où nous avons dû comparer la composition de divers organes de la fleur, nous avons mis en évidence les faits suivants :

1° En ce qui concerne l'évolution chimique du gynécée et de l'androcée au cours du développement, l'ovule mûr présente une composition en carbone, hydrogène, azote, voisine de celle des tissus jeunes. Au même stade, l'anthère possède une différenciation chimique nette provoquée par la maturation des grains de pollen;

2° La composition des étamines plus ou moins métamorphosées en pétales est fonction de la quantité de pollen qu'elles contiennent;

3° Des exemples, pris chez des fleurs appartenant à des groupes différents, font ressortir deux types nets de composition, d'une part pour les pollens, d'autre part pour les ovules, les pollens étant plus riches en carbone et en hydrogène.

Expériences. — La teneur en C et H est déterminée par semi-microcombustion suivant la méthode de Wahl et Sisley, la teneur en azote par semi-micro-Kjeldahl. Les résultats sont rapportés à 100g de substance desséchée à 100° dans le vide.

I. Nous avons étudié la fleur d'Acanthe à divers stades de son développement.

Acanthe.	C.	H.	N.
Ovaire jeune	45,2	6,4	3,4
» avant fécondation	45,2	5,8	3,6
» après fécondation	44,6	5,8	3,7
» parois	43,9	5,9	1,4
Ovules mûrs non fécondés	45,4	6,2	4,0
» peu après fécondation	44,9	6,2	4,0
Anthères jeunes	46,0	6,3	3,7
» mûres	49,4	6,5	4,1
Pollen	53,4	7,4	6,7

D'après les chiffres obtenus on constate les faits suivants :

a, les éléments les plus riches en C, H et N sont constitués par les grains de pollen nettement différents du reste de la fleur;

b, l'androcée et le gynécée à l'état jeune présentent des compositions voisines;

c, aussitôt après la fécondation, les ovules ne présentent pas de différences notables de composition. Au moment de la fécondation, alors que les ovules ont une composition assez voisine de celle des jeunes organes de la fleur, les anthères ont, au contraire, acquis par leur maturation une composition différente, surtout en carbone, due essentiellement à la différenciation du pollen.

II. Chez la fleur double de Renoncule cultivée (*Ranunculus asiaticus* L.) on a suivi la transformation de l'étamine en pétale. Les résultats sont les suivants :

	C.	H.	N.
Pétales	46,6	6,2	1,9
Étamines partiellement transformées en pétales	47,7	6,2	2,8
Étamines mûres	49,7	6,6	3,3
Parois des anthères	45,0	6,2	2,6

La composition des étamines semi-pétaloïdes est intermédiaire entre celle des étamines normales et celle des pétales.

III. Des analyses d'ovules et de pollens ont été effectuées chez un certain nombre de plantes appartenant à des familles différentes :

	A. Pollens.			B. Ovules.		
	C.	H.	N.	C.	H.	N.
Hyacinthus orientalis L.	51,7	7,3	6,6	45,0	6,3	4,7
Narcissus Tazetta L.	51,3	7,1	6,8	45,5	6,1	5,0
Papaver bracteatum Lindl.	50,3	7,4	6,6	46,3	6,5	4,6
Digitalis purpurea L.	50,8	7,0	6,9	46,7	6,3	4,0
Acanthus mollis L.	53,4	7,4	6,7	45,4	6,2	4,0
Anemone coronaria L.	52,1	7,2	5,8	–	–	–
Aquilegia vulgaris L.	52,1	7,0	6,8	–	–	–
Cucurbita maxima Dchs.	52,6	7,5	5,8	–	–	–
Œnothera biennis L.	–	–	–	45,2	5,9	5,7

Les pollens analysés, bien qu'appartenant à des familles très différentes, présentent entre eux des analogies de composition surtout en ce qui concerne le carbone et l'hydrogène dont la teneur varie de 50,3 à 53,4 pour C, de 7 à 7,5 pour H. Il en est de même pour les ovules où le carbone varie de 45 à 46,7, l'hydrogène de 5,9 à 6,5.

Il résulte de cet ensemble d'analyses, longues et délicates en raison du matériel (ovules) qu'il est difficile d'extraire en quantité, que les pollens ont une composition nettement distincte de celle des ovules, marquée surtout par leur teneur en C et H plus forte; d'après nos tables, en moyenne, C = 52 pour les pollens, C = 45,8 pour les ovules; H = 7,3 pour les pollens, H = 6,2 pour les ovules. De plus, les pollens sont souvent plus riches en azote, mais ici, d'autres essais laissent supposer que la règle est moins générale.

CYTOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *Nouvelle technique d'étude* in vitro *des mitoses de maturation de l'ovule des Mammifères. Cas de segmentation parthénogénétique*. Note [1] de MM. **René Moricard** et **Pierre de Fonbrune**, présentée par M. Antonin Gosset.

Des Souris ou des Rates [2] impubères sont injectées avec du sérum de Jument gravide ou ses extraits; on obtient ainsi en 100 heures des ovocytes à noyau dictyé [3] contenus dans des follicules mûrs. Les ovocytes libérés sont prélevés avec une pipette d'un diamètre légèrement supérieur à celui des ovocytes; on peut ainsi les séparer des cellules péri-ovocytaires, puis les laver dans différents liquides. Un groupe de 6 à 8 ovocytes est mis dans une goutte de liquide dans la chambre à huile [4], laquelle est portée à l'étuve à 37°. Les milieux suivants ont été essayés [5] : *a*. plasma hépariné humain; plasma de Poule; sérum de Femme enceinte; sérum de Jument gravide; sérum de Souris adulte mâle ou femelle normale, de Souris impubère et de Souris adulte injectées de sérum de Jument gravide ou de mitosine d'urine de Femme enceinte, sérum de Rat adulte; *b*. liquide de Ringer, liquide de sécrétion utérine, liquide folliculaire. Au liquide où se trouvent les ovocytes, on a pu ajouter des fragments de tissus ou leurs extraits (hypophyse, corps thyroïde, testicule, spermatozoïdes, surrénale, thymus, rate, muscle) ou des corps cristallisés (NaCl) ou encore des substances diverses (hormones, vitamines, diastases ou toxines). Nous

(1) Séance du 8 mars 1937.

(2) Chez la Lapine, il y a expulsion du premier globule polaire.

(3) R. Moricard et J. Vila, *Comptes rendus*, 202, 1936, p. 88.

(4) J. Comandon et P. de Fonbrune, *C. R. Soc. Biol.*, 111, 1932, p. 996 et 123, 1936, p. 1072.

(5) Sans adjonction d'extraits embryonnaires.

avons opéré sur 356 ovocytes. Le noyau des ovocytes fraîchement extraits de l'ovaire est très généralement central, le nucléole y est sphérique et très réfringent, la membrane nucléaire est facilement visible. On note le degré de transparence du cytoplasme, la répartition des enclaves, l'état de la membrane pellucide, l'absence ou la présence des cellules du cumulus oophorus.

Après différents traitements, l'ovocyte peut subir des modifications variées. Certaines sont des tests fondamentaux : *la formation du premier globule polaire, la segmentation parthénogénétique*. Dans la préparation, on notera l'activité migratrice des cellules folliculaires. Sur les ovocytes vivants on peut observer : *a. la disparition du nucléole avec persistance de la membrane nucléaire*; *b.* la migration du noyau à la périphérie de l'ovocyte; *c.* des déformations de la membrane nucléaire et sa disparition; *d. l'expulsion du premier globule polaire* qui a une forme sphérique ou ovoïde; le globule polaire est au contact de la membrane vitelline, il est en dedans de la membrane pellucide, il peut aussi se trouver déformé, son cytoplasme est finement granuleux et a une réfringence analogue à celle de l'ovocyte. Le globule polaire peut être latéral, supérieur ou inférieur; dans ce dernier cas, pour le voir, il est nécessaire de pouvoir retourner l'ovocyte au moyen du micromanipulateur pneumatique de l'un de nous; *e.* exceptionnellement l'expulsion du deuxième globule polaire; *f. la segmentation parthénogénétique*, nous avons observé la formation de deux ou de quatre blastomères; *g. la migration des cellules folliculaires* surtout marquée au contact du verre, elle peut s'observer encore après le quatrième jour d'étuve; *h. les aspects dégénératifs de l'ovocyte :* des modifications et des irrégularités de transparence du cytoplasme, l'accumulation des enclaves en un point limité, la rétraction du cytoplasme, la membrane vitelline se décollant de la membrane pellucide et du liquide apparaissant entre l'espace qui les sépare, l'émission de substance sous forme de vésicules dépourvues de granulations et saillant à la surface de l'ovocyte, une dépression en cupule de l'ovocyte observée après adjonction de NaCl.

Le nucléole des ovocytes placés dans le sérum de la même espèce disparaît en quelques heures. Cependant, après adjonction d'un fragment de muscle dans la préparation, le nucléole peut rester sphérique et réfringent pendant 24 heures.

Nous avons pu observer la formation du premier globule polaire dans des ovocytes de Souris ou de Rat mis dans leurs sérums respectifs et où il était ajouté un fragment d'antéhypophyse : 24/52 (des ovocytes observés), ou

de corps thyroïde : 3/8, de même dans des ovocytes mis dans du sérum de Souris injectées de mitosine urinaire : 4/6 et où l'on a ajouté soit du tissu antéhypophysaire : 3/5, soit du muscle : 2/4, soit du thymus : 1/4, et enfin dans des ovocytes mis dans du sérum de Souris adulte en rut : 10/10, ainsi que dans ce sérum dilué au 1/10e par du liquide de Ringer : 3/7 des ovocytes observés.

Nous avons observé une segmentation parthénogénétique de 7 des ovocytes mis en présence de tissu antéhypophysaire, il y a eu formation de deux ou quatre blastomères. Dans deux des ovocytes mis en présence de tissu thyroïdien il y a eu formation de deux blastomères.

En conclusion, certains de nos résultats semblent en accord avec des expériences faites *in vivo* par l'un de nous. Nous avons réalisé une technique d'étude *in vitro* des phénomènes de maturation et de segmentation parthénogénétique de l'ovule des Mammifères. Certaines modifications morphologiques de l'ovocyte sont des tests d'actions physicochimiques diverses. Notre technique est susceptible d'applications biologiques multiples.

PHYSIOLOGIE. — *Les acides gras de point de fusion élevé (supérieur à 50°) se montrent-ils producteurs de déséquilibre alimentaire au même titre que les acides gras liquides à la température de l'organisme?* Note de M. **Raoul Lecoq**, présentée par M. Emmanuel Leclainche.

Nous avons montré que l'utilisation par l'organisme du pigeon de différents lipides, spécialement ceux des huiles d'olive, d'arachides et de palme, du saindoux, des beurres de coco et de cacao ([1]), nécessite l'adjonction aux régimes qui les renferment (dans la proportion de 50 pour 100 par exemple), d'une quantité suffisante de vitamines B sous forme de levure de bière desséchée (0^g,75 par jour). Dans les mêmes conditions, l'huile de ricin, substance de déséquilibre, entraîne des manifestations polynévritiques chez le pigeon, en tous points comparables aux crises polynévritiques de l'avitaminose B, malgré l'adjonction quotidienne de fortes doses de levure de bière (3^g par jour). Un équilibre satisfaisant peut cependant être réalisé quand la proportion d'huile de ricin est ramenée à 22 pour 100 ([2]). Les autres sources de lipides précédemment citées,

([1]) R. Lecoq, *Comptes rendus*, **195**, 1932, p. 827; R. Lecoq et J. Savare, *Comptes rendus*, **196**, 1933, p. 1693.

([2]) R. Lecoq et J. Savare, *Comptes rendus*, **198**, 1934, p. 1540.

entrant à raison de 22 pour 100 dans la ration, donnent également des régimes équilibrés. Toutefois, lorsqu'on substitue à l'huile d'olive ses propres acides gras, additionnés ou non du glycérol, la ration devient à nouveau déséquilibrée et, de ce fait, productrice d'accidents polynévritiques (³).

Le déséquilibre alimentaire nous est apparu, en conclusion de nos diverses recherches, comme un phénomène très général, s'observant aussi bien aux dépens des fractions glucidique, protidique ou lipidique du régime. Le déséquilibre peut être produit par l'ingestion de fortes proportions de certaines substances dites de déséquilibre (galactose, peptone d'ovalbumine, huile de ricin). Il peut également résulter de la présence dans la ration ou de l'accumulation dans l'organisme de produits de désintégration incomplète, tels que l'acide lactique, l'acide oxalique, l'acide urique et l'urée. Il peut enfin provenir d'une assimilation intestinale trop rapide de produits ultimes de la dégradation digestive des aliments (obtenus par l'action des enzymes ou par tout autre procédé), tels que les acides gras de l'huile d'olive et la peptone de muscle. Nous croyons que le déséquilibre alimentaire est dû à une perturbation des combustions de l'organisme et plus spécialement à une insuffisance du foie dans l'accomplissement d'une tâche accrue, en raison de l'exagération des désintégrations qui brusquement lui incombent (⁴).

Les acides gras de l'huile d'olive, liquides à la température de l'organisme, sont très rapidement assimilés par l'intestin. On pouvait se demander s'il en serait de même des acides gras de point de fusion supérieur à 50°, par exemple. Il est vrai que le problème de l'assimilation intestinale des acides gras n'est pas seulement commandé par leur état solide ou liquide, mais encore par la production, sous l'influence de la bile, de savons plus ou moins solubles. Il semblait intéressant, dans ces conditions, de rechercher concurremment si les acides gras de haut point de fusion et leurs savons (potassiques, par exemple) pouvaient devenir des causes de déséquilibre alimentaire.

En vue de résoudre ce problème, nous nous sommes adressé à un mélange d'acides gras renfermant approximativement 50 pour 100 d'acide stéarique, 40 pour 100 d'acide palmitique, 10 pour 100 d'acide oléique

(³) R. Lecoq, *Comptes rendus*, 200, 1935, p. 1979.
(⁴) R. Lecoq, *Presse méd.*, 44, 1936, n° 102, p. 2060; *C. R. Soc. Biol.*, 124, 1937, p. 35.

et dont le point de fusion était de 55°-57°. Nous avons, d'autre part, préparé un savon potassique par combinaison de ces acides avec une quantité rigoureusement calculée d'une solution de potasse concentrée et titrée.

Les trois régimes suivants ont été constitués :

	I.	II.	III.
Peptone de muscle	59	59	59
Mélange d'acides gras	22	20	0
Savon potassique d'acides gras (desséché)	0	0	22
Glycérol	0	2	0
Graisse de beurre	4	4	4
Mélange salin d'Osborne et Mendel	5	5	5
Agar-agar	8	8	8
Papier filtre	2	2	2

Ces régimes furent donnés respectivement à trois lots de douze pigeons adultes de 350g environ, par gavage et à raison de 15g par jour (quantité énergétiquement satisfaisante). Chacun des lots fut à son tour divisé en trois séries : l'une ne comprenant aucune adjonction de levure et les deux autres des additions quotidiennes de 0g,75 et 3g de levure de bière desséchée. La mort des animaux survint dans tous les cas, à la suite de crises polynévritiques, aussi bien en présence qu'en absence de levure. Les survies moyennes observées, exprimées en jours sont groupées ci-après :

	I.	II.	III.
Régimes sans levure	25-40	30- 50	25-40
Régimes avec 0g,75 de levure	25-50	40- 80	25-50
Régimes avec 3g de levure	30-80	60-100	30-80

Interprétation des résultats et conclusions. — 1° Les acides gras de point de fusion élevé (55°-57°) se montrent producteurs de déséquilibre alimentaire au même titre que les acides gras liquides à la température de l'organisme.

2° L'addition à ces acides gras de glycérol atténue sensiblement le déséquilibre de la ration, mais ne le supprime pas.

3° Le savon potassique de ces acides gras est également producteur de déséquilibre alimentaire. Il est vraisemblable que les acides gras solides à la température de l'organisme doivent leur action de déséquilibre à la formation dans l'intestin de savons rapidement assimilables.

BIOLOGIE MARINE. — *Sur le rôle des Balanes et des Serpuliens dans la salissure des coques de bateaux.* Note de M. **René Herpin**, présentée par M. Charles Gravier.

Les méthodes empiriques employées pour s'opposer à l'encrassement des coques de bateaux, déterminé par le développement des Algues et de divers animaux, ayant donné de médiocres résultats, le problème a été abordé du point de vue zoologique en Angleterre, en Allemagne et surtout aux États-Unis.

Le mémoire de J.-P. Visscher a montré l'influence de la couleur sur la fixation des organismes encroûtants. Malheureusement cette action n'est pas la même sur des animaux appartenant à différents groupes zoologiques. C'est pourquoi il m'a paru de quelque intérêt de rechercher si, dans la salissure des coques, certains organismes ne jouaient pas un rôle prépondérant.

Mes observations, faites à Cherbourg, ont consisté, d'une part, en des examens de nombreux bateaux, lors de leur passage au bassin; d'autre part, en des immersions de lames à préparations microscopiques, suivant une méthode préconisée par R. Legendre et récemment appliquée par Fauré-Frémiet à l'étude des Folliculines. Les résultats obtenus après un an de recherches sont les suivants :

Il ne paraît pas y avoir, au cours de la première année, de succession obligatoire de faunes ou de flores : des organismes variés (Hydraires, Bryozoaires, Balanes, etc.) peuvent se fixer sur des lames récemment immergées. Mais il est possible que la constitution d'une flore et d'une faune de Bactéries, de Diatomées et de Protozoaires, favorisent le développement de certains organismes fixés, en leur procurant une nourriture abondante. Sur les lames immergées pendant plusieurs mois, on observe cependant une succession de faunes, mais qui est due uniquement aux époques de fixation différentes des organismes n'appartenant pas au même groupe zoologique ou botanique. Les organismes qui s'isolent rapidement du support par une lame ou tube calcaire (Balanes, Serpuliens) ou par une enveloppe chitineuse (Bryozoaires, Hydraires) se fixent directement sur les peintures toxiques et ne paraissent pas souffrir de leur voisinage. Pour ces organismes, l'efficacité des peintures est donc faible ou nulle.

Il en est tout autrement des Ascidies simples ou composées. Alors

qu'elles se fixent directement sur les lames de verre et s'y accroissent très rapidement, du moins à la saison chaude; sur les coques traitées avec les peintures toxiques, leur développement paraît retardé et celles que l'on y rencontre ne sont pas fixées directement sur la peinture, mais sur les Balanes, les Serpuliens et, plus rarement, les Bryozoaires. Même dans ce cas elles sont encore de taille médiocre à la fin de la première année, contrastant avec celles qui se fixent sur le coaltar.

Il résulte de ces faits que les organismes qu'il faudrait avant tout empêcher de se développer sont les Balanes et les Serpuliens et secondairement les Bryozoaires, dont le rôle est ordinairement moins capital.

Les Balanes et les Serpuliens sont d'autant plus à considérer que, non seulement ils constituent un excellent support pour les organismes les plus variés, mais, par eux-mêmes il rendent la coque extrêmement rugueuse et jouent probablement le rôle principal dans la perte de vitesse due à la salissure.

Ce sont précisément ces organismes qui encrassent les tuyaux d'aspiration des condenseurs, les puits de descente des appareils de sondage et les tunnels des poseurs de mines.

Une dernière considération accentuera encore l'importance du rôle des Balanes et des Serpuliens : un séjour en eau douce fait périr rapidement les organismes marins fixés sur les coques; mais les tests de Balanes et les tubes de Serpuliens, vidés de leurs habitants, continuent de recouvrir les flancs du bateau auxquels ils sont solidement fixés, formant un support idéal pour la fixation de nouveaux organismes.

Enfin ces observations, valables pour la Manche, paraissent devoir s'appliquer à la Méditerranée. En effet la coque du transport l'*Aude*, après une campagne dans cette mer, était recouverte d'une épaisse couche de Serpuliens parmi lesquels se trouvaient aussi des Balanes, le tout supportant de petites Ascidies simples ou composées.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Sur l'oxydation et la fermentation du glucose par* Propionibacterium pentosaceum. Note (¹) de Mme **Paulette Chaix**, présentée par M. Georges Urbain.

La mise en évidence du rôle inhibiteur de traces d'oxygène dans la glycolyse par *Propionibacterium pentosaceum* et celle de l'existence d'un sys-

(¹) Séance du 15 mars 1937.

tème naturel protecteur (système X) du mécanisme glycolytique ([2]) m'ont conduite à rechercher les relations existant, chez ces bactéries, entre respiration et fermentation, et à étudier l'influence de quelques facteurs sur ces relations. La présente Note concerne uniquement le métabolisme du glucose.

Les expériences sont faites comme précédemment ([3]) au moyen de la méthode manométrique de Warburg, à 29° et à pH = 6,4. La mesure simultanée de l'absorption d'oxygène et du dégagement d'anhydride carbonique est réalisée par l'emploi de deux récipients contenant des volumes différents de liquide (2 et 6$^{cm^3}$), selon la technique habituelle. La nature des substances susceptibles d'agir sur le métabolisme, ainsi que les résultats obtenus, sont donnés dans le tableau ci-dessous.

Conditions expérimentales.	Q_{O_2}.	$Q_{CO_2}^{O_2}$.
Expérience 1217 (Poids des bactéries, 5^{mg},46 pour 5$^{cm^3}$).		
Glucose seul	−20,4	+28,7
+ cystine ([4])	−19,5	+27,3
Expérience 121 (Poids des bactéries, 8^{mg},8 pour 5$^{cm^3}$).		
Glucose seul	−16,3	+22,7
+ cystine (10^{mg} pour 5$^{cm^3}$)	−16,8	+23,3
+ cystéine (10^{mg} pour 5$^{cm^3}$)	−23,9	+36,2
Expérience 128 (Poids des bactéries, 10^{mg},5 pour 5$^{cm^3}$).		
+ KCN N/100	− 1,0	+21,0
» N/500	− 6,1	+24,9
» N/1000	−10,66	+25,1
» N/5000	−19,1	+30,6
» N/10000	−19,2	+26,9
Expérience 201 (Poids des bactéries, 11^{mg},5 pour 5$^{cm^3}$).		
+ H^2S N/500	−20,4	+29,6
» 0,76 N/1000	−20,2	+29,5
» 0,76 N/2000	−21,2	+29,7
» 0,76 N/5000	−19,6	+26,9
» 0,76 N/10000	−18,2	+24,0

([2]) *Comptes rendus*, 204, 1937, p. 911.

([3]) *Enzymologia* 1, 1937, p. 321.

([4]) La cystine utilisée dans ces expériences a été maintenue, comme dans les expériences précédentes, pendant quelques heures à la température ordinaire, en présence de glucose et de bicarbonate de sodium, à pH = 7,8.

Avant de discuter ces résultats il convient de faire les remarques suivantes : les concentrations en cyanure et en hydrogène sulfuré indiquées ici ne sont qu'approximatives; elles sont certainement supérieures à celles qui agissent en réalité : en ce qui concerne le cyanure, parce que celui-ci donne naissance, dans le milieu, à de l'acide cyanhydrique dont une partie réagit, comme on le sait, avec le glucose; en ce qui concerne l'hydrogène sulfuré, parce qu'une certaine fraction est oxydée par l'oxygène du milieu; cette oxydation empêche d'ailleurs l'utilisation de quantités de H^2S supérieures à N/500 : dans ce cas en effet la courbe d'oxydation de l'hydrogène sulfuré se superpose à la courbe du métabolisme des bactéries, de telle sorte que les calculs deviennent incertains.

L'ensemble des résultats précédents permet de tirer les conclusions suivantes : 1° en présence d'oxygène les bactéries font une consommation importante de ce gaz; comme la quantité de CO^2 dégagé en présence d'oxygène est soit égale, soit même légèrement inférieure à celle qui se dégage en absence d'oxygène, la respiration provoque une diminution considérable de la fermentation, fait d'ailleurs classique (un exemple précis est donné dans le tableau ci-dessous).

Conditions expérimentales	Q_{O^2}.	$Q_{CO^2}^{O^2}$.	$Q_{CO^2}^{CO^2}$.
Expérience 308 (Poids des bactéries : 12^{mg},5 pour 5$^{cm^3}$).			
Glucose seul	—17,2	22,3	32,5

2° Cette consommation d'oxygène est indépendante de la présence de cystine ou de cystéine, ou d'hydrogène sulfuré, qui ne jouent ainsi aucun rôle inhibiteur vis-à-vis de l'oxygène, rôle qui aurait pu être comparé à celui, décrit précédemment, et qui se manifeste au cours de l'activation de la glycolyse par les petites masses de bactéries en présence de traces d'oxygène;

3° L'acide cyanhydrique n'inhibe réellement les oxydations qu'à partir d'une concentration supérieure à N/1000 : à cette concentration, en effet, la respiration représente plus de 50 pour 100 de la respiration normale. Ceci montre que le cyanure réagit sur le système respiratoire du glucose d'une façon tout à fait différente de celle avec laquelle il intervient dans la protection de la glycolyse par les petites masses, où une concentration de N/20000 suffit pour inhiber toute action de l'oxygène.

Il ressort ainsi de ces expériences que l'oxydation du système glycolytique, oxydation qui, je le rappelle, est bloquée par le système X, la cys-

téine, l'hydrogène sulfuré, le cyanure de potassium N/20000, est un phénomène tout à fait différent de l'oxydation du glucose, dans les conditions réalisées ici.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Sur le pouvoir réducteur des levures vivantes au cours de la fermentation alcoolique.* Note (¹) de MM. **Claude Fromageot** et **Georges Bost**, présentée par M. Georges Urbain.

Fromageot et Desnuelle (²) ont mesuré le degré de réduction de quelques indicateurs en présence de cellules de levures vivantes au cours de la fermentation alcoolique; d'après les résultats obtenus, le rH du milieu, dans les conditions réalisées, était compris entre 6,6 et 8,0 (pH = 6,4), sans que l'on puisse davantage resserrer ces limites, obtenues par une voie colorimétrique peu précise.

Kluyver et Hoogerheide (³) ont effectué, sur le potentiel d'oxydoréduction de suspensions de levures dans des conditions déterminées, des mesures montrant que, pour les diverses espèces de levures examinées, à des pH voisins de 5,2 à 5,4, ces suspensions se stabilisent à un rH sensiblement égal à 9.

Les conditions dans lesquelles les recherches précédentes ont été effectuées étant très différentes, il nous a paru utile de reprendre ici toutes ces mesures avec une technique dont la précision soit telle que l'on puisse décider si l'écart observé par les différents auteurs est bien dû aux conditions expérimentales différentes, et que l'on puisse tenter d'autre part de préciser la signification profonde des chiffres obtenus.

La présente Note résume les résultats d'un travail dans lequel nous avons étudié le potentiel pris par une série de colorants mis en contact avec des suspensions de levures (*Saccharomyces cerevisiæ*, levures hautes) en pleine fermentation, en faisant varier la quantité de levures et la valeur du pH. Les mesures portent sur 220$^{cm^3}$ de solution, tamponnée à un pH convenable, contenant une quantité définie de levure (pressée à 72 pour 100 d'eau), du saccharose (10 à 20 pour 100) et additionnée de l'un des colorants indiqués ci-dessous, de telle sorte que la concentration de chacun d'eux soit de 0,005 pour 100. La température est de 28° ($\pm$ 0,1). Les résultats expérimentaux obtenus sont donnés par les tableaux ci-dessous qui indiquent les valeurs du rH final présenté par les différents colorants en fonction de la concentration en levure et de la valeur du pH.

(¹) Séance du 15 mars 1937.
(²) *Biochem. Zeits.*, 279, 1935, p. 34.
(³) *Enzymologia*, 1, 1936, p. 1.

pH = 6,4. Concentration en levure, 10 pour 100.

Colorants.	π_0 (mv).	π stabilisé (mv).	rH.
Phénolindo-2.6-dichlorophénol...	+263	− 93	9,7
Bleu de toluylène...............	+141	−175	7,0
Bleu de méthylène..............	+031	−183	6,7
Indigotrisulfonate de potassium...	−051	−257	4,2
Indigodisulfonate de potassium...	−092	−123	8,7
Bleu de Nil....................	−108	−158	7,5
Vert Janus......................	−211	−191	6,4
Phénosafranine.................	−222	−201	6,1
Rouge neutre....................	−303	−223	5,4

Valeur du rH *final présentée par les différents colorants en fonction de la concentration en levures et de la valeur du* pH.

Concentration en levures (en pour 100).	Valeur du pH.					
	6,4.	5,7.	5,6.	5,5.	5,4.	5,2.
			Bleu de toluylène.			
10..............	7,0	–	–	–	–	–
			Bleu de méthylène.			
10..............	6,7	–	–	–	–	–
1..............	–	–	–	–	–	11,4
0,4...........	–	–	–	12,6	–	–
			Bleu de Nil.			
10..............	7,5	–	–	–	–	–
5..............	7,6	7,8	–	7,7	–	–
1..............	7,5	–	8,5	–	9,2	9,1
0,4 (0,5).......	7,6	–	–	–	–	8,9
0,25...........	7,5	–	–	–	–	–
			Vert Janus.			
10..............	6,4	–	–	–	–	–
1..............	6,2	–	–	–	7,2	–
			Phénosafranine.			
10..............	6,1	–	–	–	–	–
1..............	6,5	–	6,6	–	7,0	–
0,4...........	–	–	–	–	–	8,9
			Rouge neutre.			
10..............	5,4	–	–	–	–	–
1..............	–	–	–	–	–	7,1
0,4...........	–	–	–	–	11,9	–

Ces chiffres permettent de faire les observations suivantes :

1° Le degré auquel la réduction des différents colorants se stabilise diffère très sensiblement selon la nature de ces colorants.

2° A pH = 6,4 par exemple et avec 10 pour 100 de levures, la valeur du rH correspondant au potentiel normal est, en moyenne, de 7,5 pour le bleu de Nil, de 6,3 pour le vert Janus et la phénosafranine, de 5,4 pour le rouge neutre; elle atteint 4,2 avec l'indigotrisulfonate de potassium.

3° La concentration en levure (entre 10 et 1 pour 100 pour le vert Janus et la phénosafranine; entre 10 et 0,25 pour 100 dans le cas du bleu de Nil) est sans effet sur la valeur du rH final à pH 6,4. Mais elle influence nettement cette valeur quand le pH diminue : d'une façon générale, le rH augmente quand le pH et la quantité de levures diminuent.

Il semble que l'on doit considérer comme pouvoir réducteur maximum des levures, si l'on veut exprimer ce pouvoir réducteur par la notion de rH, le pouvoir correspondant au rH le plus bas mesuré, soit ici 4,2 (indigotrisulfonate de potassium). Cette valeur ne serait alors que provisoire, n'étant valable que jusqu'à ce que de nouvelles recherches et de nouvelles mesures aient permis de trouver, si possible, un indicateur susceptible d'être réduit davantage.

Il n'est pas sans intérêt de remarquer que le résultat des mesures précédentes s'accorde parfaitement avec le potentiel nécessaire à la réduction de l'acétaldéhyde en alcool. D'après les mesures de Wurmser et Filiti-Wurmser ([1]), le rH requis pour cette réaction doit être en effet très sensiblement inférieur à 7.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Sur la gomme de Canne à sucre*. Note de MM. **Henri Colin** et **Henri Belval**, présentée par M. Gabriel Bertrand.

On appelle gomme de Canne à sucre la matière visqueuse qui se dessèche à la surface de la Canne à sucre, au niveau des nœuds, et dans laquelle pullule souvent une espèce de Cochenille, *Pseudococcus sacchari*, vulgairement appelée *Pou blanc*.

Les échantillons de gomme qui ont servi à nos recherches provenaient de la sucrerie de Nag-Hamadi, en Haute Égypte. D'abord sporadique dans

---

([1]) *Journ. Chim. phys.*, 33, 1936, p. 577.

ces régions, la Cochenille s'y est propagée depuis 1912 dans toutes les cultures de Canne, causant partout de grands dégâts. Non seulement l'infection débilite la plante, mais la gomme gêne infiniment la fabrication du sucre. Très soluble dans l'eau, elle ne s'élimine pas au chaulage et se retrouve dans les sirops qui en sont rendus épais et visqueux, d'où grainage pénible, cristaux en aiguilles enchevêtrées, turbinage difficile, sucres gris, chargés de cendres, mélasses à 40-44 pour 100 de saccharose. Une Canne infectée porte superficiellement de 1 à 5^g de gomme sèche; si tous les plants l'étaient au maximum, la cristallisation du sucre en serait rendue impossible; il suffit, en effet, d'incorporer à un sirop de sucre 1 à 2 pour 100 de gomme pour l'empêcher de grainer; par évaporation il se prend en bloc.

La gomme sèche se présente en fragments de couleur brune, durs, peu hygroscopiques, solubles dans l'eau en une liqueur acide (pH 4,5), réductrice, fortement dextrogyre, qui flocule par l'alcool, la baryte, la liqueur de Courtonne.

L'analyse n'y révèle ni raffinose, ni mélézitose, mais de 20 à 25 pour 100 de sucre réducteur, où domine le glucose, 3 pour 100 de saccharose tout au plus, à peine 1 pour 100 de matières azotées. Avec 10 pour 100 de cendres, autant d'eau, et de 15 à 20 pour 100 de débris de Canne, cela fait les deux tiers environ de la matière et, dans cela, rien que de banal, incapable de produire en fabrication les perturbations signalées plus haut. Les produits originaux sont ailleurs; il y en a deux : une *cire* et un *glucide*.

La cire se dissout dans l'alcool fort à l'ébullition et se dépose par refroidissement; elle provient de l'insecte et représente 2 pour 100 environ de la gomme.

Le glucide est insoluble dans l'alcool. Le mieux, pour le préparer, est d'épuiser d'abord par l'alcool bouillant pour écarter la cire et les sucres réducteurs; on dissout ensuite dans l'eau et l'on épure par la baryte; le floculat, riche en phosphates plus qu'en azote, entraîne une bonne partie de la matière colorante. Le glucide est alors précipité par affusion d'alcool et dialysé; à mesure que la purification se poursuit, la solubilité diminue, ce qui limite les pertes.

Le corps pur, ne laissant que 3 millièmes de cendres, est blanc, insipide, amorphe, non hygroscopique, très peu soluble dans l'eau, même à chaud, précipité de ses solutions par les sels des métaux lourds, y compris le cuivre, en milieu alcalin, fortement dextrogyre, de pouvoir rotatoire voisin de $+200°$ comme les matières amylacées, non colorable par l'iode, rebelle à

l'action des milieux fermentaires, amylase du malt, des bactéries, du pancréas, poudres de Mucédinées, suc digestif d'Escargot, transformé par hydrolyse acide en glucose exclusivement. Il brunit au-dessus de 200° et se ramollit vers 250°. Le complexe calcique est soluble dans l'eau, d'où persistance de la gomme, après chaulage, dans les jus de sucrerie.

A ces caractères on reconnaît le produit décrit par les anciens auteurs, Kramer, Béchamp, Scheibler, sous les noms de dextrane, de viscose, de gomme de fermentation. Il est analogue, sinon identique, à celui que H. Colin a retiré des Betteraves gelées devenues gluantes après le dégel (1). La gomme de Canne peut en renfermer jusqu'à 35 pour 100.

L'étiologie de la « gommose » de la Canne à sucre tient ainsi en quelques mots. Le dextrane est d'origine bactérienne exclusivement, la Cochenille ne fait que faciliter l'infection et la propager; des Cannes remplies de gomme ne portent parfois qu'un petit nombre d'insectes.

SÉROTHÉRAPIE. — *Titrage des sérums antitoxiques.* Note de M. **Michel Weinberg** et Mlle **Maylis Guillaumie**, présentée par M. Félix Mesnil.

Nous avons montré (1) combien est imprécise la méthode de titrage des sérums antitoxiques, telle qu'elle est recommandée par le Comité d'Hygiène de la Société des Nations. En effet, suivant cette technique, on obtient des titres très différents pour un même sérum lorsqu'on utilise, pour le titrage, des toxines préparées à des dates différentes (2).

Nous apportons ici des données complémentaires : dans le Tableau I, nous donnons le poids de la dose minima mortelle (m. m.) de huit échantillons de toxine du *B.-perfringens* (type A) et la valeur de la dose-test de chacun de ces échantillons. L'examen des résultats indiqués montre que *la valeur de la dose-test de chaque échantillon de toxine varie avec le sérum étalon employé pour le titrage :* en effet, la dose-test de la toxine E 11, par

(1) Henri Colin et Marc Simonet, *Comptes rendus*, 188, 1929, p. 943; et *B. Chim. Sucr.*, 46, 1929, p. 505.

(1) *C. R. Soc. Biol.*, 123, 1936, p. 661.

(2) Chaque toxine est obtenue en desséchant dans le vide le précipité que détermine le sulfate d'ammoniaque à saturation dans des bouillons Vf centrifugés 24 heures après les avoir ensemencés avec la même souche microbienne. Ces toxines, conservées en tubes scellés, sont très stables.

exemple, est de $3^{mg},4$ lorsqu'on la détermine avec le sérum étalon anglais et de 1^{mg} lorsqu'on emploie le sérum français; les valeurs de la dose-test de la toxine E 10, déterminées avec le sérum anglais et le sérum français, sont respectivement $0^{mg},11$ et $0^{mg},9$; dans le cas de la toxine E 9, la valeur de la dose-test obtenue avec le sérum anglais est de $2^{mg},65$ et de $3^{mg},2$ avec le sérum étalon français.

Tableau I. — *Dose minima mortelle et dose-test de différents échantillons de toxine* perfringens.

Échantillon de toxine.	Dose minima mortelle.	*Dose-test* déterminée avec un sérum étalon anglais.	*Dose-test* déterminée avec un sérum étalon français.
	mmg	mmg	mmg
E_1	0,06		1 = 16,6 d. m. m.
E_{10}	0,06	0,11 = 18,3 d. m. m.	0,9 = 15 »
E_{11}	0,07	3,4 = 48,5 »	1 = 14,2 »
E	0,10	2,3 = 23 »	1,5 = 15 »
E_4	0,11		1,5 = 13,6 »
E_8	0,14	4,2 = 30 »	2,8 = 20 »
E_9	0,14	2,65 = 18,9 »	3,2 = 22,8 »
E_5	0,15		2,9 = 19,3 »

Si nous exprimons la valeur de la dose-test de toxine en doses m. m. (souris, voie veineuse), nous voyons qu'elle varie de 18,3 à 48,5 d. m. m. lorsqu'elle est déterminée avec le sérum anglais et de 13,6 à 22,8 d. m. m. pour le sérum étalon français.

L'ensemble de nos résultats montre que *la variabilité de la valeur de la dose-test est due à la variabilité de la constitution chimique des toxines et des sérums :* l'unité antitoxique du sérum anglais, capable de neutraliser $4^{mg},2$ de la toxine E 8, ne neutralise que $2^{mg},65$ de la toxine E 9, dont la dose minima mortelle est cependant égale à celle de la toxine E 8; par contre l'unité antitoxique du sérum étalon français neutralise $3^{mg},2$ de la seconde et seulement $2^{mg},8$ de la première.

Les valeurs très différentes des doses-test entraînent fatalement de grandes variations dans les déterminations du titre antitoxique d'un sérum. Dans le Tableau II nous résumons les résultats du titrage d'un même sérum anti-*perfringens* avec 4 échantillons de toxine homologue.

Pour chaque toxine le titrage est fait : 1° avec une unité arbitraire de toxine (correspondant à 20 d. m. m.); 2° avec la dose-test de toxine établie au moyen du sérum étalon international; 3° avec la dose-test déterminée avec un sérum étalon français. Ce tableau montre que le titre antitoxique du sérum anti-*perfringens* 376 varie de 50 à 325 unités suivant la toxine utilisée. Il titre en effet 50 à 75 unités lorsqu'on emploie la dose-test de la toxine E 11 déterminée avec le sérum étalon anglais et 325 lorsqu'on utilise celle de la toxine E 9 obtenue aussi avec ce même sérum étalon.

TABLEAU II. — *Variations des titres antitoxiques d'un même sérum anti-perfringens avec 4 échantillons de toxine homologue provenant de la même souche.*

Échantillon de toxine.		Titre antitoxique du sérum 376 (unités).	Échantillon de toxine.		Titre antitoxique du sérum 376 (unités).
	(mmg)			(mmg)	
E_8	unité arbit. : 2,8....	325	E_{10}	unité arbit. : 1,2...	200
	d. test angl. : 4,2....	225 à 250		d. test angl. : 1,1...	200
	d. test franç. : 2,8....	325		d. test franç. : 0,9...	250 à 275
E_9	unité arbit. : 2,8....	300 à 325	E_{11}	unité arbit. : 1,4...	150 à 175
	d. test angl. : 2,65...	325		d. test angl. : 3,4...	50 à 75
	d. test franç. : 3,2....	275		d. test franç. : 1.....	225

Prigge (décembre 1936) conseille de titrer le sérum anti-*perfringens* avec la toxine pauvre en hémolysine. Nous avons déterminé le titre hémolytique des quatre toxines E8, E9, E10, E11, et recherché si les deux sérums étalons anglais et français présentent dans leur teneur en antihémolysine des différences susceptibles d'expliquer la diversité des résultats sur souris. Ces quatre toxines hémolysent respectivement aux doses de $0^{mg},005$, 0,02, 0,003, 0,007. Nous n'avons pas toujours trouvé de parallélisme entre le pouvoir antitoxique global des sérums et leur pouvoir antihémolytique. Ainsi le sérum étalon français, plus antihémolytique vis-à-vis de la toxine E8 que le sérum anglais, est cependant moins antitoxique que ce dernier : il ne neutralise, d'après les expériences sur souris, que $2^{mg},8$ de cette toxine alors que l'unité antitoxique du sérum anglais en neutralise $4^{mg},2$. Le problème de neutralisation d'un sérum est donc très complexe. Le titre antitoxique global d'un sérum devrait indiquer sa richesse en anticorps vis-à-vis de toutes les toxines d'une espèce micro-

bienne, mais cela ne sera guère possible que lorsqu'on aura dissocié et purifié tous les constituants spécifiques des toxines et des sérums.

En attendant, tous les bactériologistes doivent utiliser, pour obtenir des résultats comparables, le même échantillon de toxine et le même sérum étalon.

CHIMIOTHÉRAPIE. — *Modifications apportées à l'action de l'insuline par addition d'une suspension colloïdale (gélatine)* (¹). Note de M. **D. Broun.**

Dans une série de recherches effectuées sur les associations des différentes substances médicamenteuses avec les suspensions colloïdales nous nous sommes rendu compte que certaines solutions colloïdales telles que les solutions de gélatine, de lécithine ou de céphaline sont capables de modifier d'une façon appréciable l'effet produit normalement par les poisons.

Nous rapporterons ici les modifications d'action de l'insuline sur la glycémie du lapin lorsque cette hormone est associée à une suspension aqueuse de gélatine à 1 pour 100 (²).

Les expériences ont été effectuées sur les lapins de $2^{kg},500$ à 3^{kg} à jeun depuis au moins 12 heures. L'insuline à la dose d'une unité fut injectée par la voie sous-cutanée. L'hypoglycémie profonde ainsi obtenue ne durait avec les insulines que nous avons utilisées que 45 minutes à 1 heure 20 minutes; ensuite le taux du sucre sanguin s'élevait progressivement pour atteindre le chiffre normal de 2 heures à 2 heures et demie après le début de l'expérience. Or l'injection simultanée chez les mêmes lapins de 1 à 4^{cm^3} d'une suspension colloïdale de gélatine à 1 pour 100 renforçait sensiblement l'effet hypoglycémiant de l'insuline : dans la majorité des cas l'abaissement de taux de glycémie était plus important et l'état d'hyperglycémie profonde durait de 2 à 3 heures et le retour à la normale s'effectuait au bout de 4 à 4 heures et demie après le début de l'expérience. Avec les doses utilisées nous n'avons jamais observé de formation de dépôts sous-cutanés de gélatine, la résorption d'un mélange d'insuline gélatine se faisait aussi

(¹) Document retiré du pli cacheté nº 10986, déposé le 25 février 1935, ouvert à la demande de l'auteur le 15 mars 1937.

(²) L'injection sous-cutanée ou intraveineuse de suspensions de gélatine n'a aucun effet sur le taux de la glycémie chez le lapin.

rapidement que la résorption de l'insuline seule. Il paraît d'après ces expériences que les particules colloïdales de gélatine en suspension aqueuse peuvent servir de véhicule à l'insuline et que la présence d'un tel véhicule peut sensiblement modifier l'effet de l'hormone pancréatique.

A 15h30m l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à 16h.

E. P.

ERRATA.

(Séance du 22 février 1937.)

Note de MM. *Fred Vlès* et *Erwin Heintz*, Sur l'interprétation du spectre infrarouge des protéines :

Page 568, note (5), ligne 2, *au lieu de* $\lambda 6^{\mu},4$ *lire* $\lambda 5^{\mu},0$.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU MERCREDI 31 MARS 1937.

PRÉSIDENCE DE M. EMMANUEL LECLAINCHE.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Ministre de l'Éducation Nationale** adresse ampliation du décret, en date du 18 mars 1937, portant approbation de l'élection que l'Académie a faite de M. **Paul Lebeau** pour occuper dans la Section de Chimie la place vacante par le décès de M. *H. Le Chatelier*.

Il est donné lecture de ce décret.

Notice nécrologique sur M. Amé Pictet,
par M. **Gabriel Bertrand**.

Nous avons appris, il y a quelques jours, la disparition du Professeur **Amé Pictet**, de l'Université de Genève, Correspondant de l'Académie dans la Section de Chimie, emporté le 11 de ce mois par une maladie de cœur dont il souffrait depuis de longues années.

Né le 12 juillet 1857 à Genève, Amé Pictet appartenait à une ancienne et illustre famille dont plusieurs membres s'étaient adonnés à la Science, dont deux, le physicien Marc-Auguste et le zoologiste François-Jules avaient figuré dans nos rangs à titre étranger.

Après avoir étudié la Chimie auprès de Marignac, à Genève, de Schmidt, à Dresde, de Kékulé, à Bonn et de Würtz à Paris, il débuta dans la recherche comme assistant de Græbe, fut reçu docteur ès sciences physiques de Genève en 1881 et privatdocent en 1884. Il enseigna la Chimie d'abord au Collège supérieur de sa ville natale, fut nommé, en novembre 1894, professeur extraordinaire de Chimie organique spéciale, puis, en 1899, professeur ordinaire. Il ajouta alors à son enseignement

celui de la Chimie biologique, toxicologique et pharmaceutique. En 1906, il eut l'honneur et la satisfaction bien méritée de succéder à son maître Charles Græbe comme professeur de Chimie inorganique et organique, fonction qu'il occupa de la façon la plus brillante jusqu'à sa mise à la retraite en 1927.

Les travaux de Amé Pictet sont nombreux. Presque tous appartiennent au domaine de la Chimie organique, le plus souvent ils confinent à celui de la Chimie biologique. L'éclat qu'ils ont jeté sur le premier domaine a brillamment illuminé aussi le second.

Il faut rappeler tout d'abord sa belle synthèse de la nicotine. Une formule de constitution de cet alcaloïde du tabac venait d'être proposée par Pinner. Elle parut vraisemblable à Pictet qui se donna pour tâche de la contrôler par la synthèse. L'entreprise était à cette époque des plus hardies et il fallut huit années d'efforts pour atteindre le but. Pictet réussit en partant de la pyridine et de l'acide mucique. Il obtint la nicotine racémique et la dédoubla en ses deux composants au moyen des acides tartriques actifs. Ainsi fut démontré que la nicotine naturelle, lévogyre, était une méthylpyridylpyrrolidine.

Chose curieuse, la nicotine dextrogyre, obtenue en même temps, présentait des propriétés physiologiques notablement différentes.

Au cours de ces recherches, Pictet a retiré, en opérant sur de grandes quantités de tabac, toute une série de nouveaux alcaloïdes, plus ou moins voisins de la nicotine, et il a retrouvé quelques-uns d'entre eux, la pyrrolidine et la méthylpyrrolidine, dans la carotte et d'autres plantes.

Dans la suite, Pictet a réalisé les synthèses de la papavérine et de la laudanosine du pavot, celle de la berbérine de l'épine vinette, etc.

Ce magnifique ensemble de recherches et de résultats, dont il n'a été rappelé que l'essentiel, a conduit leur savant auteur à exprimer sur l'origine, le mode de formation et le rôle des alcaloïdes dans les végétaux des vues théoriques d'un grand intérêt.

Un autre champ d'action très important a été exploré par Amé Pictet, celui des substances naturelles que l'on groupe aujourd'hui sous le nom de glucides : le glucose, l'amidon, la cellulose, etc. C'est ainsi que Pictet a eu l'ingénieuse idée de soumettre ces substances à la distillation sèche dans le vide. Au lieu de produits nombreux et mal définis, de gaz, de goudrons, comme il s'en forme à la pression ordinaire, il a obtenu une décomposition simple, donnant principalement de l'eau et du lévoglucosane, corps cristallisé découvert par Charles Tanret en hydrolysant certains glucosides.

Ce résultat si net l'a amené à des considérations intéressantes sur la constitution des substances expérimentées.

Par extension de la méthode ci-dessus, Pictet a distillé dans le vide des matières grasses, des protéides, du caoutchouc, de la houille. Avec cette dernière, il a obtenu des produits tout autres que dans les conditions habituelles, ressemblant aux pétroles du Canada et de la Californie. Il a vu là une preuve que ces pétroles devaient, tout comme la houille, avoir une origine végétale.

La place manque pour mentionner les autres travaux de Amé Pictet, mais le rapide aperçu qui vient d'être donné des principaux suffit à fournir la mesure de la sagacité, de la persévérance, de l'habileté expérimentale et de l'esprit philosophique de l'éminent chimiste qui vient de disparaître.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Nouvelles déterminations de la teneur en bore de plantes cultivées sur le même sol.* Note de MM. **Gabriel Bertrand** et **Lazare Silberstein.**

Poursuivant nos recherches sur les besoins des végétaux en substances minérales et sur l'absorption élective de ces substances (1), nous apportons aujourd'hui un certain nombre de déterminations de la teneur en bore de plantes cultivées sur le même sol, destinées à compléter celles qui avaient été publiées par l'un de nous en collaboration avec H. de Waal (2).

Nous rappelons qu'il s'agit de plantes cultivées les unes à côté des autres sur une parcelle de jardin qui était restée sans engrais depuis longtemps ; cette parcelle était, par suite, un peu fatiguée, mais, comme elle avait reçu chaque année des façons habituelles et des cultures sensiblement uniformes, elle devait être aussi homogène que possible quant à la composition chimique.

Nos nouvelles déterminations ont porté sur dix espèces de plantes de grande culture ou de culture potagère, auxquelles nous avons ajouté quatre espèces qui s'étaient développées spontanément : la petite mauve, le séneçon, l'érigeron et le paturin annuel.

Les plantes ont toutes été récoltées au moment de la floraison, lavées et

(1) Gab. Bertrand et L. Silberstein, *Comptes rendus*, 201, 1935, p. 1449 et 202, 1936, p. 261.

(2) Gab. Bertrand et H. de Waal, *Comptes rendus*, 202, 1936, p. 605.

séchées avec soin, puis analysées en se servant des mêmes méthodes que pour les plantes précédemment étudiées. Tenant compte des expériences antérieures, il n'a pas été ajouté de soude pour la préparation des cendres. Les résultats obtenus sont présentés dans le tableau ci-dessous par ordre croissant de la teneur en métalloïde dosé ([3]).

Noms des plantes.	Poids de matière sèche analysée.	Cendres pour 100 de matière sèche.	Méthode utilisée.	Milligramme par kilogramme de matière sèche — BO^3H^3.	Bore.
	g				
Paturin annuel......	1,00	10,2	color.	17,0	3,0
»	1,55	»	»	18,2	3,2
Oignon............	0,23	8,0	color.	24,4	4,3
Lin................	0,21	7,7	color.	40,3	7,1
Érigeron...........	1,00	11,4	color.	56,8	10,0
»	0,53	»	»	53,4	9,4
Pimprenelle........	1,00	9,8	color.	56,8	10,0
»	9,74	»	volum.	71,6	12,6
Céleri.............	0,42	19,4	color.	67,6	11,9
»	1,00	»	»	85,2	15,0
Séneçon............	0,37	15,9	color.	76,7	13,5
»	0,50	»	»	79,5	14,0
Petite mauve.......	0,73	12,4	color.	77,8	13,7
»	1,00	»	»	85,2	15,0
Pomme de terre.....	0,72	14,4	color.	79,0	13,9
»	1,00	»	»	85,2	15,0
Fève...............	1,62	8,9	color.	87,5	15,4
»	1,00	»	»	99,4	17,5
Tomate............	1,00	20,1	color.	85,2	15,0
»	6,45	»	volum.	108,0	19,0
Alkékenge..........	0,47	7,6	color.	121,0	21,3
»	1,00	»	»	142,0	25,0
Luzerne............	1,00	13,0	color.	142,0	25,0
»	9,57	»	volum.	164,0	28,9
Lotier corniculé.....	1,00	9,7	color.	199,0	35,0
»	8,40	»	volum.	208,0	36,6

Le céleri, plante bisannuelle, avait déjà été analysé ([2]). L'échantillon provenait du même semis, mais avait été récolté dès la première année, c'est-à-dire avant la floraison. On y avait trouvé à peu près la même teneur en bore : $17^{mg},5$ par kilogramme de matière sèche.

([3]) Pour abréger, les noms latins n'ont pas été reproduits. On les trouvera dans les notes rappelées en ([1]).

En dehors de cette remarque particulière, on peut dire, en passant à l'examen d'ensemble des résultats, que toutes les teneurs en bore du tableau que nous présentons aujourd'hui restent comprises dans la série de celles, allant d'environ $2^{mg},5$ à 70^{mg}, du tableau antérieurement publié (?). Elles confirment donc, en les étendant à de nouvelles espèces, les conclusions de caractère général qui avaient pu être tirées.

Il était apparu notamment que les Graminées : l'orge, le seigle, le blé et le maïs étaient, avec le poireau, de la famille des Liliacées, les plantes les plus pauvres en bore (entre $2^{mg},3$ et 5^{mg} par kilogramme de matière sèche). Le paturin, analysé cette fois, reste (avec $3^{mg},1$) parmi les Graminées et l'oignon ($4^{mg},3$) à côté du poireau ($3^{mg},1$).

Il était apparu aussi que les Légumineuses, depuis le pois ($21^{mg},7$) jusqu'au trèfle incarnat (70^{mg}), en passant par le sainfoin ($36^{mg},2$), le trèfle violet ($36^{mg},2$), le soja ($37^{mg}1$), la lentille ($41^{mg},4$) et le haricot d'Espagne (43^{mg}), étaient des plantes notablement plus riches en bore que les Graminées. Nous avons trouvé dans la fève, la moins riche des Légumineuses examinées, déjà $16^{mg},5$, dans la luzerne $28^{mg},9$ et dans le lotier corniculé $36^{mg},6$.

Ces différences remarquables entre des groupes de végétaux qui comptent parmi les plus importants de la grande culture ne manqueront certainement pas de retenir l'attention non seulement des phytophysiologistes, mais aussi des agronomes.

CORRESPONDANCE.

M. Simon Flexner, élu Associé étranger, adresse des remercîments à l'Académie.

L'École Technique supérieure de Novotcherkassk, ancien *Institut polytechnique du Don*, adresse à l'Académie l'expression de ses sentiments de condoléance à l'occasion du décès de M. *H. Le Chatelier*.

L'Académie des Sciences de Buenos Aires adresse à l'Académie l'expression de ses sentiments de condoléance à l'occasion du décès de M. *P. Janet*.

Le **Général commandant l'École Polytechnique** adresse un Rapport relatif à l'emploi qui a été fait de la subvention allouée sur la *Fondation Loutreuil* en 1936.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les solutions périodiques d'une certaine classe d'équations aux dérivées partielles d'ordre supérieur.* Note [1] de M. **D. Mangeron.**

1. Je me propose ici, en me bornant à deux dimensions et à l'équation la plus simple de la classe d'équations aux dérivées totales [2] au sens de M. M. Picone, d'étudier, par la méthode des équations intégrales, un problème où il n'existe que la fonction de Green élargie au sens de M. Hilbert. Les développements paraîtront dans un autre Recueil.

2. Soit

$$\frac{\partial^4 u}{\partial x^2\, \partial y^2} = f(x, y), \tag{1}$$

où $f(x, y)$ est une fonction de deux variables réelles x et y, doublement périodique de périodes ω et ω' respectivement, définie et continue dans un domaine rectangulaire $R\begin{pmatrix} 0 \leqq x \leqq \omega \\ 0 \leqq y \leqq \omega' \end{pmatrix}$. Je me propose de trouver, si elle existe, une solution $u(x, y)$ de l'équation (1) satisfaisant aux conditions suivantes sur la frontière FR du domaine R,

$$\left\{\begin{array}{ll} u(0, y) = u(\omega, y), & u(x, 0) = u(x, \omega'); \\ \left(\dfrac{\partial u}{\partial x}\right)_{x=0} = \left(\dfrac{\partial u}{\partial x}\right)_{x=\omega'}, & \left(\dfrac{\partial u}{\partial y}\right)_{y=0} = \left(\dfrac{\partial u}{\partial y}\right)_{y=\omega'}. \end{array}\right. \tag{2}$$

La solution n'existe que si les conditions suivantes sont satisfaites pour la fonction $f(x, y)$

$$\int_0^{\omega} f(\xi, y)\, d\xi = 0, \qquad \int_0^{\omega'} f(x, \eta)\, d\eta = 0, \tag{3}$$

et, en ce cas, comme on peut le vérifier, elle est donnée par

$$u(x, y) = \iint_R G(x, y; \xi, \eta) f(\xi, \eta)\, d\xi\, d\eta + \gamma(x) + \delta(y) + x\beta(0) + y\alpha(0), \tag{4}$$

---

[1] Séance du 22 mars 1937.

[2] *Giornale di Matematica*, **71**, 3e série, 1933, p. 89; *Comptes rendus*, **204**, 1937, p. 94.

où $G(x, y; \xi, \eta)$ est la fonction de Green relative à (1) et à condition pour la solution $u(x, y)$ d'être nulle sur FR; $\gamma(x)$, $\delta(y)$ sont des fonctions arbitraires de variables x et y respectivement et $\alpha(0)$, $\beta(0)$ des constantes.

En considérant maintenant l'équation

$$\frac{\partial^4 u}{\partial x^2 \partial y^2} = \lambda u(x, y) + f(x, y), \tag{5}$$

où la fonction $f(x, y)$ n'est plus contrainte à satisfaire aux conditions (3), je trouve pour $u(x, y)$ au lieu du système différentiel donné par (1) et (2), un système d'équations intégrales analogues aux équations (3) et (4). On n'a qu'à remplacer dans celles-ci la $f(x, y)$ par $\lambda u(x, y) + f(x, y)$. Ce dernier système permet de déterminer les fonctions et les constantes arbitraires de (4); on a ainsi pour $u(x, y)$ l'équation intégrale suivante qui traduit le problème proposé

$$u(x, y) = \lambda \iint_R G_1(x, y; \xi, \eta)\, u(\xi, \eta)\, d\xi\, d\eta + \lambda \iint_R G_1(x, y; \xi, \eta) f(\xi, \eta)\, d\xi\, d\eta - \frac{1}{\lambda \omega\omega'} \iint_R [f(x, \eta) + f(\xi, y) - f(\xi, \eta)]\, d\xi\, d\eta, \tag{6}$$

où le noyau $G_1(x, y; \xi, \eta)$ est donné par la formule

$$\omega\omega' G_1(x, y; \xi, \eta) = \omega\omega' G(x, y; \xi, \eta) - \omega \int_0^{\omega'} G(x, t; \xi, \eta)\, dt - \omega' \int_0^{\omega} G(s, y; \xi, \eta)\, ds + \iint_R G(s, t; \xi, \eta)\, ds\, dt. \tag{7}$$

On peut faire ici relativement à ce noyau $G_1(x, y; \xi, \eta)$ des remarques faites par M. Picard dans un problème analogue pour les équations différentielles ordinaires du second ordre ([3]).

On reçoit des résultats semblables après les calculs un peu compliqués, pour l'équation

$$\frac{\partial^4 u}{\partial x^2 \partial y^2} = \lambda A(x, y)\, u + f(x, y), \tag{8}$$

où la fonction $A(x, y)$ est caractérisée comme $f(x, y)$ de (1) en étant en outre positive dans R.

3. Si l'on se propose de déterminer une solution de l'équation homogène

---

([3]) E. Picard, *Leçons sur quelques problèmes aux limites de la théorie des équations différentielles*, Paris, 1930, 3e, 6e et 7e Chapitre.

correspondante à (5) ou à (8), satisfaisant aux conditions de la double périodicité conçues comme ci-dessous

$$u(x+\omega, y) = u(x, y), \qquad u(x, y+\omega') = u(x, y);$$
$$\left(\frac{\partial u}{\partial x}\right)_{x=x+\omega} = \left(\frac{\partial u}{\partial x}\right)_{x=x}, \qquad \left(\frac{\partial u}{\partial y}\right)_{y=y+\omega'} = \left(\frac{\partial u}{\partial y}\right)_{y=y};$$

on est conduit respectivement à l'équation intégrale homogène associée à (6) ou à sa forme plus générale que je n'ai pas indiqué. On peut généraliser ces résultats à condition de ne plus supposer que la fonction $A(x, y)$ est positive dans R pourvu que les expressions $\int_0^{\omega'} A(x, t)\,dt$, $\int_0^{\omega} A(s, y)\,ds$ le soient.

4. On peut relier au problème de la recherche des solutions périodiques pour ces équations un autre où la fonction $u(x, y)$ à déterminer satisfait à (5) et aux conditions

$$u(x, 0) = u(x, \omega'), \qquad u(0, y) = u(\omega, y);$$
$$\int^{\omega} u(s, y)\,ds = 0, \qquad \int_0^{\omega'} u(x, t)\,dt = 0.$$

On peut considérer pour ces problèmes des conditions de périodicité plus générales au sens de M. C. Popovici ([4]) et les résoudre en les transformant en certains problèmes de calcul de variations.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur certaines séries se rattachant aux fonctions de Bessel.* Note ([1]) de M. **Jean Delsarte**, transmise par M. Henri Villat.

Nous avons indiqué ([2]) une méthode générale permettant d'obtenir des généralisations étendues de la formule de Taylor; nous donnons ci-dessous une application relative aux fonctions de Bessel. Reprenons nos précédentes notations.

La classe linéaire A est constituée par les fonctions de la variable réelle x, définies dans l'intervalle $[0; +\infty]$, deux fois dérivables, leur première dérivée étant nulle à l'origine.

([4]) *Comptes rendus*, 201, 1935, p. 378.

([1]) Séance du 22 mars 1937.

([2]) *Comptes rendus*, 204, 1937, p. 468.

L'opérateur $\mathfrak{d}_x$ a pour expression

$$\mathfrak{d}_x = \frac{d^2}{dx^2} + \frac{2p+1}{x}\frac{d}{dx};$$

p étant un nombre fixe dont la partie réelle est supérieure à $-1/2$. On a

$$j_\lambda(x) = \frac{2^p p!}{(ix\sqrt{\lambda})^p} J_p(ix\sqrt{\lambda}) = \sum_{k=0}^{\infty} \frac{1}{k!}\frac{p!}{(p+k)!}\lambda^k \left(\frac{x}{2}\right)^{2k};$$

J_p désignant, comme de coutume, la fonction de Bessel de première espèce et d'indice p. Il vient bien

$$\mathfrak{d}_x[j_\lambda(\xi)] = \lambda j_\lambda(x)$$

et le spectre S comprend tout le plan complexe. Les fonctions φ_n ont pour expression

$$\varphi_n(x) = \frac{1}{n!}\frac{p!}{(p+n)!}\left(\frac{x}{2}\right)^{2n}.$$

L'opérateur T^y est défini par le développement

$$T_x^y[f(\xi)] = f(x) + \frac{1}{p+1}\left(\frac{y}{2}\right)^2 \mathfrak{d}_x[f(\xi)] + \ldots + \frac{1}{n!}\frac{p!}{(p+n)!}\left(\frac{y}{2}\right)^{2n} \mathfrak{d}_x^{(n)}[f(\xi)] + \ldots.$$

On le prolonge dans tout son domaine d'existence en partant des relations

$$T^0 = E, \qquad \mathfrak{d}_x \tilde{T}^y = \mathfrak{d}_y T^x,$$

c'est-à-dire en recherchant la solution

$$\Phi(x; y) = T_x^y[f(\xi)$$

de l'équation

$$\frac{\partial^2\Phi}{\partial x^2} - \frac{\partial^2\Phi}{\partial y^2} + (2p+1)\left[\frac{1}{x}\frac{\partial\Phi}{\partial x} - \frac{1}{y}\frac{\partial\Phi}{\partial y}\right] = 0,$$

se réduisant à $f(y)$ pour $y = 0$ et appartenant à la classe A par rapport à la variable y. C'est un problème de Cauchy pour une équation hyperbolique réductible à l'équation d'Euler-Poisson; une formule de résolution, due à Poisson, permet d'exprimer la fonction Φ sous la forme

$$T_x^y[f(\xi)] = \frac{\Gamma(p+1)}{\Gamma\left(\frac{1}{2}\right)\Gamma\left(p+\frac{1}{2}\right)} \int_0^\pi f\left[\sqrt{x^2+y^2-2xy\cos\varphi}\right] \sin^{2p}\varphi \, d\varphi$$

ce qui fournit le prolongement demandé.

L'hypothèse d'unicité est évidemment satisfaite; la solution de l'équation

$$\frac{\partial^2\Phi}{\partial y^2}-\frac{\partial^2\Phi}{\partial x^2}+(2p+1)\left[\frac{1}{y}\frac{\partial\Phi}{\partial y}-\frac{1}{x}\frac{\partial\Phi}{\partial x}\right]=\varphi(x,y)$$

nulle, ainsi que sa dérivée par rapport à y, pour $y=0$, s'obtient par la méthode classique; malgré les apparences, il n'y a aucune difficulté provenant du fait que la courbe portant les données de Cauchy soit singulière pour les coefficients de l'équation; on sait que la fonction de Riemann est ici réductible à une fonction hypergéométrique, et on trouve

$$\begin{aligned}\mathrm{i}_{xy}[\varphi(\xi,\eta)]=-\iint_{D_{xy}}&\left\{\frac{16u^2v^2}{[(u+x)^2-(v-y)^2][(v+y)^2-(u-x)^2]}\right\}^{p+\frac{1}{2}}\\&\times F\left(p+\frac{1}{2},p+\frac{1}{2},1,\frac{[(u-x)^2-(v-y)^2][(u+x)^2-(v+y)^2]}{[(u+x)^2-(v-y)^2][(v+y)^2-(u-x)^2]}\right)\\&\times\varphi(u,v)\,du\,dv,\end{aligned}$$

$F(\alpha,\beta,\gamma,x)$ désignant la série de Gauss et D_{xy} étant le domaine triangulaire défini par les inégalités

$$0\leqq v\leqq y,\qquad (u-x)^2-(v-y)^2\leqq 0.$$

Il vient ensuite, par le procédé que nous avons indiqué, la formule suivante, analogue à la formule de Taylor limitée :

$$\begin{aligned}&\frac{\Gamma(p+1)}{\Gamma\left(\frac{1}{2}\right)\Gamma\left(p+\frac{1}{2}\right)}\int_0^\pi f\left[\sqrt{x^2+y^2-2xy\cos\varphi}\right]\sin^{2p}\varphi\,d\varphi\\&=\sum_{k=0}^{n}\frac{1}{k!}\frac{p!}{(p+k)!}\left(\frac{y}{2}\right)^{2k}\mathfrak{d}_x^{(k)}[f(\xi)]+\mathrm{i}_{xy}\left[\frac{1}{n!}\frac{p!}{(p+n)!}\left(\frac{\eta}{2}\right)^{2n}\mathfrak{d}_\xi^{(n+1)}[f(\zeta)]\right].\end{aligned}$$

Cette formule est valable dès que $y\leqq x$ pour toute fonction f donnant un sens au second membre. Nous laisserons au lecteur le soin d'écrire la formule sommatoire pour un opérateur Δ attaché à la famille des opérateurs T^y (³).

(³) *Comptes rendus*, 204, 1937, p. 648.

THÉORIE DES GROUPES. — *Étude géométrique d'un faisceau de transformations infinitésimales.* Note [1] de Mme **Christiane Pauc**, présentée par M. Élie Cartan.

La donnée de m transformations infinitésimales :

$$X_h f = \sum_{i=1}^{n} \Lambda_h^i \frac{\partial f}{\partial x^i} \qquad (1 \leqq h \leqq m),$$

dans l'espace cartésien vectoriel à n coordonnées E_n, revient à l'adjonction à tout point M de cet espace (x^i) de m vecteurs Λ_h formant un repère R_n^m. Adjoignons à ces m vecteurs $(n-m)$ autres linéairement indépendants $\Lambda_{h'}$. Les projections ds^h, $ds_{h'}$ sur le repère $\{\Lambda_h, \Lambda_{h'}\}$ d'un déplacement infinitésimal du point $M(dx^i)$ sont n formes de Pfaff, et les m vecteurs Λ_h sont précisément les supports, au point M, de m éléments linéaires intégraux du système de Pfaff $\mathfrak{S}$: $ds^{h'} = \sum_{i=m+1}^{n} \lambda_i^{h'} dx^i = 0$ $(m+1 \leqq h' \leqq n)$, corrélatif du faisceau $\mathfrak{F}$: $X_h f = \sum_{i=1}^{n} \Lambda_h^i \frac{\partial x^i}{\partial f}$ $(1 \leqq h \leqq m)$ [2].

Le problème d'intégration du système $\mathfrak{S}$ consiste en la recherche des multiplicités intégrales dont les éléments tangents appartiennent, en chaque point, au R_n^m associé, ou encore en la *recherche des variétés holonomes plongées dans la variété non holonome* V_n^m définie dans l'espace E_n par S [3].

Cette étude géométrique peut s'entreprendre vectoriellement, par la méthode du repère mobile; en particulier, si l'espace E_n est doté de la métrique riemannienne : $\sum_{h=1}^{m}(ds^h)^2 + \sum_{h'=m+1}^{n}(ds^{h'})^2$, telle que les vecteurs de base $\{\Lambda_h, \Lambda_{h'}\}$ soient unitaires et orthogonaux deux à deux par rapport à cette métrique. La métrique de la variété non holonome V_n^m est alors : $ds^2 = \sum_{h=1}^{m}(ds^h)^2$, *première forme fondamentale de* V_n^m.

Variation infinitésimale du repère $\{\Lambda_h, \Lambda_{h'}\}$ lorsque le point M se déplace

[1] Séance du 22 mars 1937.

[2] E. Vessiot, *Bull. de la Soc. Math. de France*, 52, 1924, p. 336.

[3] G. Vranceanu, *Mémorial des Sc. Math.*, 76, 1936.

sur une courbe intégrale :

$$dM = \sum_{h=1}^{m} ds^h \Lambda_h, \qquad d\Lambda_h = -\sum_{a=1}^{n} \gamma^a_{h,k}\, ds^k \Lambda_a, \qquad d\Lambda_{h'} = -\sum_{a=1}^{n} \gamma^a_{h',k}\, ds^k \Lambda_a,$$

où les $\gamma^a_{b,c}$ sont les coefficients de rotation de Ricci : $\gamma^a_{b,c} = \sum_{i,j} \frac{\partial \Lambda^a_i}{\partial x^j} \lambda^i_b \lambda^j_c$ jouissant des propriétés $\gamma^b_{a,c} + \gamma^a_{b,c} = 0$ $(a, b, c = 1, 2, \ldots, n)$.

ÉTUDE DES COURBES INTÉGRALES DE S. — *Vecteur unitaire tangent :*

$$t = \frac{dM}{ds} = \sum_{h=1}^{m} \frac{ds^h}{ds} \Lambda_h.$$

Vecteur normal : $dt/ds = n/\rho$.

$$\frac{dt}{ds} = \frac{n}{\rho}.$$

Courbure normale sur un axe $\Lambda_{l'}$ normal à la variété V^m_n :

$$\frac{dt}{ds} \Lambda_{l'} = \frac{1}{\rho_{l'}} = -\frac{\sum_{h,k} \gamma^{l'}_{h,k}\, ds^h\, ds^k}{ds^2}.$$

On donne encore le nom de *secondes formes fondamentales* à chacune des expressions : $\Phi^{l'} = \sum_{h,k} \gamma^{l'}_{h,k}\, ds^h\, ds^k = \sum_{h,k} \varphi^{l'}_{h,k}\, ds^h\, ds^k$, où $\varphi^{l'}_{h,k} = \gamma^{l'}_{h,k} + \gamma^{l'}_{k,h}$.

Ceci constitue pour les variétés non holonomes V^m_n la généralisation de l'étude des variétés holonomes plongées dans un espace de Riemann ([4]).

Les *courbes asymptotiques* sont fournies par l'annulation des $(n - m)$ formes $\Phi^{l'}$. Les *courbes géodésiques*, telles que leur vecteur normal soit normal à V^m_n, sont données par les équations

$$\frac{du^h}{ds} = \sum_{k,l} \gamma^h_{k,l}\, u^k u^l, \qquad \text{où} \quad u^h = \frac{ds^h}{ds} \quad (^5).$$

On peut généraliser de la façon suivante le théorème d'Euler déjà étendu par M. E. Cartan aux systèmes de m courbes orthogonales d'une variété holonome V_m plongée dans un espace de Riemann.

THÉORÈME. — *La courbure normale moyenne de m courbes orthogonales quelconques de la variété non holonome V^m_n plongée dans un espace de Riemann, sur un axe $\Lambda_{l'}$ normal à V^m_n, est constante* (et égale à $-1/m \operatorname{Div} \Lambda_{l'}$).

([4]) E. CARTAN, *Mémorial des Sc. Math.*, 9, 1925, p. 43.

([5]) G. VRANCEANU, *loc. cit.*, p. 24.

Ce théorème avait déjà été trouvé dans le cas d'une V_3^2 plongée dans l'espace euclidien par M. R. Inzinger (6).

Torsions géodésiques. — M. R. Inzinger (*loc. cit.*) a encore montré que la somme algébrique des torsions géodésiques de deux courbes intégrales orthogonales quelconques d'une équation de Pfaff : $\xi_3\, dM = 0$, est égale à $-\xi_3 \operatorname{rot} \xi_3$ (expression dont l'annulation exprime que la V_3^2 est une surface).

La notion de torsion géodésique peut s'étendre ainsi $(d\Lambda_k/ds^h)\Lambda_{l'} = \gamma_{hk}^{l'}$ sera dite la torsion géodésique de la courbe intégrale d'élément unitaire tangent Λ_h, sur le vecteur Λ_k qui lui est normal dans R_n^m, $\Lambda_{l'}$ étant choisi comme vecteur normal à V_n^m.

La généralisation, à la V_n^m, du résultat précédent, conduit encore à une *interprétation géométrique des conditions d'intégrabilité*

$$\left(\frac{d\Lambda_k}{ds} - \frac{d\Lambda_h}{ds}\right)\Lambda_{l'} = w_{h,k}^{l'}, \qquad \text{où} \quad w_{h,k}^{l'} = \gamma_{h,k}^{l'} - \gamma_{k,h}^{l'},$$

interprétation qui ramène, mais par une voie toute différente, à la considération du pentagone infinitésimal de M. G. Vranceanu (*loc. cit.*, p. 23) construit sur les deux déplacements tangents à V_n^m : ds^h, ds^k.

On peut encore prévoir la généralisation de la notion de *courbure de Gauss* (7) par considération de la variation d'un vecteur du repère R_n^m lorsque le point M se déplace le long du pentagone infinitésimal [Tenseurs de courbure de M. G. Vranceanu (*loc. cit.*, p. 26)].

MÉCANIQUE ANALYTIQUE. — *Sur la régularisation du problème plan des trois corps.* Note (1) de MM. **Godofredo Garcia** et **Alfred Rosenblatt**.

1. L'un de nous (2) a étudié les conditions du choc dans le problème plan des trois corps en utilisant des nouvelles variables canoniques qui sont

(6) *Anz. d. Akad. d. Wiss. in Wien* vom 16 jan. 1936.

(7) E. Cartan, *loc. cit.*, p. 50; R. Inzinger, *loc. cit.*

(1) Séance du 1er février 1937.

(2) *Bulletin des Sciences mathématiques*, 2e série, 52, 1928, p. 1-8.

données par la transformation

$$(1)\qquad \begin{cases} z_2 = 4\zeta^2\zeta'^2, & z_1 = (\zeta^2 - \zeta'^2)^2, \qquad z_0 = -(\zeta^2 + \zeta'^2)^2, \\ z_0 = P_1 P_2, & z_1 = P_2 P_0, \qquad z_2 = P_0 P_1. \end{cases}$$

La fonction H^* de Sundman-Levi Civita donnée dans ce travail était inexacte. Son expression correcte est

$$(2)\quad \begin{aligned} H^* = \frac{1}{32}\Big\{ & \left(\frac{1}{m_0} + \frac{1}{m}\right)(\bar\pi\zeta' + \bar\pi'\zeta)(\pi\bar\zeta' + \pi'\bar\zeta)(\zeta^2 - \zeta'^2)(\bar\zeta^2 - \bar\zeta'^2) \\ & + \left(\frac{1}{m_0} + \frac{1}{m'}\right)(\pi\bar\zeta - \pi'\bar\zeta')(\bar\pi\zeta - \bar\pi'\zeta')4\zeta\bar\zeta\zeta'\bar\zeta' \\ & + \frac{2}{m_0}\big[(\pi\bar\zeta' + \pi'\bar\zeta)(\bar\pi'\zeta' - \bar\pi\zeta)\cdot\zeta\zeta'(\bar\zeta^2 - \bar\zeta'^2) \\ & \qquad + (\pi'\bar\zeta' - \pi\bar\zeta)(\bar\pi\zeta' + \bar\pi'\zeta)\bar\zeta\bar\zeta'(\zeta^2 - \zeta'^2)\big]\Big\} \\ & - f\{m_0 m(\zeta^4 - \zeta'^4)(\bar\zeta^4 - \bar\zeta'^4) + 4m_0 m'\zeta\bar\zeta\zeta'\bar\zeta'(\zeta^2 + \zeta'^2)(\bar\zeta^2 + \bar\zeta'^2) \\ & \qquad + 4mm'\zeta\bar\zeta\zeta'\bar\zeta'(\zeta^2 - \zeta'^2)(\bar\zeta^2 - \bar\zeta'^2)\} \\ & - 4\mathcal{E}\zeta\bar\zeta\zeta'\bar\zeta'(\zeta^4 - \zeta'^4)(\bar\zeta^4 - \bar\zeta'^4). \end{aligned}$$

2. Il s'ensuit que l'on a les développements suivants des variables ζ suivant la variable indépendante u de Sundman et Levi Civita :

$$(3)\quad \begin{cases} \zeta = \dfrac{1}{16}\left(\dfrac{1}{m} + \dfrac{1}{m_0}\right)\pi_0\zeta_0'^3\bar\zeta_0'^3 u + \dfrac{1}{192}\left(\dfrac{1}{m} + \dfrac{1}{m_0}\right)\pi_0\zeta_0'^7\bar\zeta_0'^7 \\ \qquad \times\Big\{\mathcal{E}\left(\dfrac{1}{m} + \dfrac{1}{m_0}\right)\zeta_0'^4\bar\zeta_0'^4 + \dfrac{1}{128}\left(\dfrac{1}{m} + \dfrac{1}{m_0}\right)\left(\dfrac{1}{m} - \dfrac{1}{m_0}\right)(\pi_0^2\bar\zeta_0'^2 + 4\bar\pi_0^2\zeta_0'^2) \\ \qquad + \dfrac{1}{32}\zeta_0'\bar\zeta_0'\left[m'\left(\dfrac{1}{m} + \dfrac{1}{m_0}\right)^3\pi_0\bar\pi_0 - \left(\dfrac{1}{m_0 m} + \dfrac{1}{m_0 m'} + \dfrac{1}{mm'}\right)\pi_0'\bar\pi_0'\right]\Big\}u^3 + (u)_4, \\ \bar\zeta = \dfrac{1}{16}\left(\dfrac{1}{m} + \dfrac{1}{m_0}\right)\bar\pi_0\zeta_0'^3\bar\zeta_0'^3 u + \dfrac{1}{192}\left(\dfrac{1}{m} + \dfrac{1}{m_0}\right)\bar\pi_0\zeta_0'^7\bar\zeta_0'^7 \\ \qquad \times\Big\{\mathcal{E}\left(\dfrac{1}{m} + \dfrac{1}{m_0}\right)\zeta_0'^4\bar\zeta_0'^4 + \dfrac{1}{128}\left(\dfrac{1}{m} + \dfrac{1}{m_0}\right)\left(\dfrac{1}{m} - \dfrac{1}{m_0}\right)(\bar\pi_0^2\zeta_0'^2 + 4\pi_0^2\bar\zeta_0'^2) \\ \qquad + \dfrac{1}{32}\zeta_0'\bar\zeta_0'\left[m'\left(\dfrac{1}{m} + \dfrac{1}{m_0}\right)^3\pi_0\bar\pi_0 - \left(\dfrac{1}{m_0 m} + \dfrac{1}{m_0 m'} + \dfrac{1}{mm'}\right)\pi_0'\bar\pi_0'\right]\Big\}u^3 + (u)_4. \end{cases}$$

$$(4)\quad \begin{cases} \zeta' = \zeta_0' + \dfrac{1}{512}\left(\dfrac{1}{m} + \dfrac{1}{m_0}\right)\left(\dfrac{1}{m} - \dfrac{1}{m_0}\right)\pi_0^2\zeta_0'^5\bar\zeta_0'^6 u^2 + (u)_3, \\ \bar\zeta' = \bar\zeta_0' + \dfrac{1}{512}\left(\dfrac{1}{m} + \dfrac{1}{m_0}\right)\left(\dfrac{1}{m} - \dfrac{1}{m_0}\right)\bar\pi_0^2\zeta_0'^6\bar\zeta_0'^5 u^2 + (u)_3. \end{cases}$$

3. Le temps t s'exprime au moyen de u par le développement suivant :

$$(5)\quad t-t_0=\frac{1}{192}\left(\frac{1}{m}+\frac{1}{m_0}\right)^2\pi_0\bar{\pi}_0\zeta_0'^{11}\bar{\zeta}_0'^{11}u^3+\frac{1}{32.120}\left(\frac{1}{m}+\frac{1}{m_0}\right)^2\pi_0\bar{\pi}_0\zeta_0'^{15}\bar{\zeta}_0'^{15}$$
$$\times\left\{2\mathcal{E}\left(\frac{1}{m}+\frac{1}{m_0}\right)\zeta_0'^4\bar{\zeta}_0'^4+\frac{5}{32}\left(\pi_0^2\bar{\zeta}_0'^2+\bar{\pi}_0^2\zeta_0'^2\right)\right.$$
$$\times\left(\frac{1}{m}+\frac{1}{m_0}\right)\left(\frac{1}{m}-\frac{1}{m_0}\right)+\frac{1}{16}\zeta_0'\bar{\zeta}_0'$$
$$\times\left[m'\left(\frac{1}{m}+\frac{1}{m_0}\right)^3\pi_0\bar{\pi}_0\right.$$
$$\left.\left.-\left(\frac{1}{m_0m}+\frac{1}{m_0m'}+\frac{1}{mm'}\right)\times\pi_0'\bar{\pi}_0'\right]\right\}u^5+(u)_6.$$

Ces développements conduisent à des résultats intéressants que nous nous proposons de publier dans un autre Recueil.

MÉCANIQUE. — *Généralisation de la méthode des roulettes et applications possibles à la construction d'engrenages gauches.* Note [1] de M. **Jean Capelle**, transmise par M. Henri Villat.

L'immense majorité des engrenages est obtenue industriellement par la méthode des roulettes; les roues dentées obtenues sont de deux sortes : cylindriques si elles sont l'enveloppe d'une crémaillère et coniques si elles sont l'enveloppe d'une roue plate. Les premières correspondent aux engrenages à axes parallèles et les secondes aux engrenages à axes concourants. Cependant, mais dans des conditions *considérablement restrictives*, au sujet du choix de la denture de la crémaillère ou de la roue plate, il existe dans chacune de ces deux classes un engrenage gauche d'emploi courant : l'engrenage gauche à roues cylindriques dont la denture est un hélicoïde développable (dans ce cas les deux crémaillères associées glissent l'une sur l'autre en restant en coïncidence) et l'engrenage gauche à roues coniques dont l'*hypoïd* est une solution approchée (dans ce cas les deux roues plates associées engrènent entre elles à la manière d'un engrenage intérieur).

Je me propose de définir une beaucoup plus grande diversité d'engrenages gauches en considérant leurs hyperboloïdes primitifs et en généralisant la notion de roue plate ou de crémaillère.

Les hyperboloïdes primitifs $\mathcal{H}_1$ et $\mathcal{H}_2$, étant axoïdes, ont même para-

---

[1] Séance du 22 mars 1937.

mètre de distribution k; inversement, 2 hyperboloïdes de révolution à une nappe ayant même paramètre de distribution sont axoïdes de deux façons. Soit Δ la génératrice de raccordement de $\mathcal{H}_1$ et $\mathcal{H}_2$, dont les axes sont supposés fixes; imaginons une surface A munie d'une surface invariable N, axoïde à $\mathcal{H}_1$ et $\mathcal{H}_2$, se raccordant le long de Δ avec les hyperboloïdes primitifs et entraînée dans la viration $\mathcal{H}_1/\mathcal{H}_2$. La surface N enveloppe par rapport à $\mathcal{H}_1$ et $\mathcal{H}_2$ deux surfaces $\mathcal{D}_1$ et $\mathcal{D}_2$ qui peuvent être considérées comme les dentures d'un engrenage gauche que nous dirons *engendré par la méthode des roulettes généralisées*. Remarquons que les complexes des normales attachés aux deux virations $A/\mathcal{H}_1$ et $A/\mathcal{H}_2$ ayant des pas différents, le contact $\mathcal{D}_1/\mathcal{D}_2$ sera ponctuel : la normale à N en un point de contact, coupe orthogonalement Δ. Il résulte de cette remarque que, contrairement à ce qui a lieu dans la méthode des roulettes ordinaires (où les surfaces roulantes sont des cônes ou cylindres de révolution), la denture $\mathcal{D}_1$ n'est pas *en général* la même que si l'on remplaçait A par une autre axoïde A' munie de la surface N' enveloppée par N dans la viration A/A'.

CAS OÙ LE CONTACT $\mathcal{D}_1/\mathcal{D}_2$ EST LINÉAIRE. — C'est le cas où il existe sur N toute une courbe le long de laquelle la normale à N coupe orthogonalement Δ; mais alors les dentures $\mathcal{D}_1$ et $\mathcal{D}_2$ engendrées par l'ensemble $[A_1 N]$ sont les mêmes que celles engendrées par l'ensemble [A', N'] considéré ci-dessus.

Prenons donc pour A l'axoïde la plus simple, c'est-à-dire l'hélicoïde gauche H défini par le paramètre de distribution des hyperboloïdes primitifs. L'ensemble [H, N] est une généralisation de la crémaillère et de la roue plate : je l'appellerai *platoïde*. Toute surface N, dent du platoïde réalisant un contact $\mathcal{D}_1/\mathcal{D}_2$ linéaire est alors l'enveloppe de ∞^1 cylindres de révolution appartenant aux ∞^2 cylindres de rayons arbitraires et de révolution autour des génératrices de H ([2]). En particulier tout plan normal à l'axe de $\mathcal{H}$ est solution.

Applications. 1° *Génération par le platoïde*. — On peut imaginer un chariot porte-outil réalisant par rapport à l'hyperboloïde primitif $\mathcal{H}$ du flan, d'axe fixe, la viration $H/\mathcal{H}$; le chariot aurait par rapport au bâti un

---

([2]) Si $z = k \operatorname{arc tang} y/x$ est l'équation de H, les surfaces N cherchées sont solutions de l'équation aux dérivées partielles :

$$px + qy + (p^2 + q^2)\left(z + \operatorname{arc tang}\frac{p}{q}\right) = 0$$

dont les ∞^2 cylindres mentionnés constituent une intégrale complète.

mouvement hélicoïdal, pendant lequel l'arête de l'outil engendrerait N (mouvement de coupe).

2° *L'axoïde* A *est un hyperboloïde*. — Dans ce cas, le flan étant en rotation autour de son axe fixe, le mouvement générateur est une simple rotation. Au point de vue des interférences, ce procédé ne donnerait par les mêmes garanties que le précédent : ces deux méthodes seraient à comparer respectivement aux taillages Sunderland et Fellows.

AÉRODYNAMIQUE. — *Influence du nombre fini de pales des hélices sustentatrices*. Note (1) de M. **Svetopolk Pivko**, présentée par M. Henri Villat.

Nous avons montré (2) que l'écoulement relatif de l'air dans le plan de rotation d'une hélice sustentatrice peut être schématisé de façon qu'on distingue nettement la région du moyeu de la région marginale. Dans le calcul usuel des hélices, on tient déjà compte du tourbillon hélicoïdal du

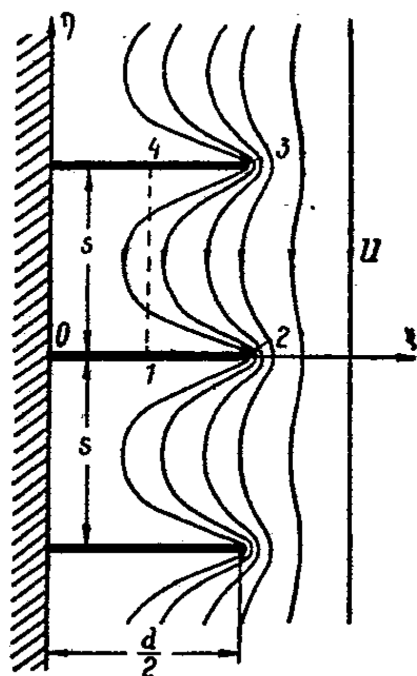


Fig. 1.

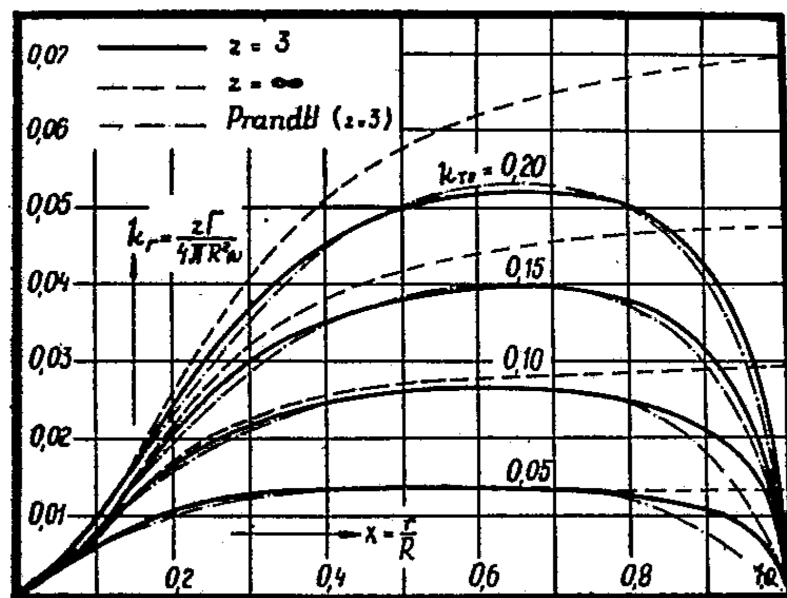


Fig. 2.

moyeu et nous nous bornerons, par conséquent, à l'examen de la région marginale.

Considérons l'écoulement autour d'une infinité de lames horizontales, de longueur $d/2$ et à l'écartement s (*fig*. 1). On peut démontrer que la vitesse

(1) Séance du 8 mars 1937.

(2) *Comptes rendus*, 204, 1937, p. 554.

complexe d'un tel écoulement est donnée par l'expression

$$w = i\mathrm{U}\left\{\left[1-e^{-\frac{2\pi}{s}\left(\zeta-\frac{d}{2}\right)}\right]^{-\frac{1}{2}}+\left[1-e^{\frac{2\pi}{s}\left(\bar{\zeta}+\frac{d}{2}\right)}\right]^{-\frac{1}{2}}\right\},$$

où U est la vitesse à l'infini, $\zeta = \xi + i\eta$ la variable complexe dans le plan ζ et $\bar{\zeta} = \xi - i\eta$ est sa valeur conjuguée.

On peut calculer la valeur moyenne de la composante verticale (tangentielle)

$$v_m = \frac{1}{s}\int_0^s [-\mathrm{P\,I}(w)]\,d\eta,$$

en fonction du rayon de l'hélice. Il vient, tous calculs faits, en superposant aussi la vitesse U à l'infini,

$$v_{mr} = v_m + \mathrm{U} = \mathrm{U}\frac{2}{\pi}\left[\arccos e^{\frac{\pi}{s}\left(\xi-\frac{d}{2}\right)} + \arccos e^{-\frac{\pi}{s}\left(\xi+\frac{d}{2}\right)}\right].$$

A l'extrémité de la pale, pour $\xi = \pm d/2$, cette expression se réduit à

$$v'_{mr} = \mathrm{U}\frac{2}{\pi}\arccos e^{-\frac{\pi d}{s}}.$$

Le coefficient de correction F à appliquer à la circulation autour de la pale sera ainsi donné par le rapport

$$\mathrm{F} = \frac{\Gamma_z}{\Gamma_\infty} = \frac{v_{mr} - v'_{mr}}{v'_{mr}}.$$

On remplace, par suite,

$$d \approx 0{,}6\mathrm{R}, \qquad \xi = (x - 0{,}7)\mathrm{R}, \qquad s = \frac{\pi r}{\mathrm{M}}, \qquad \mathrm{M} = \frac{z}{2}\sqrt{1 + \left(\frac{x}{k}\right)^2}$$

et il vient, en définitive,

$$\mathrm{F} = \frac{2}{\pi}\left[\arccos e^{-\mathrm{F}_1} + \arccos e^{-\mathrm{F}_2} - \arccos e^{-\mathrm{F}_3}\right]$$

avec

$$\mathrm{F}_1 = \mathrm{M}\left(\frac{1}{x} - 1\right), \qquad \mathrm{F}_2 = \mathrm{M}\left(1 - \frac{0{,}4}{x}\right), \qquad \mathrm{F}_3 = \mathrm{M}\frac{0{,}6}{x},$$

$x = r/\mathrm{R}$ le rayon relatif, z le nombre de pales et k constante qui dépend de la traction de l'hélice.

Cette formule donne le coefficient de correction F dans la région marginale, c'est-à-dire pour $0{,}7 < x < 1$. Pour $0 < x < 0{,}7$, on peut adopter une variation linéaire de F. D'une manière approchée, on peut relier le

point F, calculé d'après la formule ci-dessus et correspondant au rayon $x = r/R = 0,7$ avec le point $F = 1$, relatif à $r = x = 0$.

La figure 2 montre, à titre de renseignement, la variation de la circulation autour de la pale

$$\Gamma_z = k_{\Gamma_z} \frac{4\pi R^2 \omega}{z} = \Gamma_\infty F$$

d'une hélice sustentatrice tripale, en fonction du rayon relatif et pour différentes valeurs de la traction unitaire

$$k_{T_0} = \frac{T_0}{\rho/2 . R^2 \pi (R\omega)^2}.$$

A titre de comparaison, nous avons tracé sur le même diagramme la variation de la circulation en appliquant le coefficient de correction de M. Prandtl et aussi la correction correspondant à un nombre infini de pales.

SPECTROSCOPIE. — *Absorption de l'oxygène à la limite du spectre solaire.* Note (1) de M. **Lévy Herman**, présentée par M. Charles Fabry.

1. On sait que la limitation du spectre solaire ultraviolet est due à la forte bande d'absorption de l'ozone qui s'étend de 2200 à 3000 Å environ (2). Dans cette région spectrale, l'oxygène exerce aussi une faible absorption, due à plusieurs systèmes de bandes (3). Comme les couches d'oxygène traversées dans l'atmosphère peuvent atteindre une grande épaisseur il est intéressant de chercher à évaluer l'absorption correspondante.

2. J'ai étudié quantitativement l'absorption de l'oxygène contenu dans un tube de 100^m de longueur, sous une pression de $27,7^{kg}$ par centimètre carré. Le dispositif utilisé a été décrit précédemment (4) : la graduation des plaques photographiques était faite à l'aide d'un échelon absorbant de

(1) Séance du 22 mars 1937.

(2) M. Fabry et Buisson, *Journal de Physique*, 5e série, 3, 1913, p. 176.

(3) Finkelnburg et Steiner, *Zeitschrift für Physik*, 79, 1932, p. 69; Herzberg, *Die Naturwissenschaften*, 19, 1932, p. 577.

(4) L. Herman et Mme R. Herman, *Compte rendu des Réunions de l'Institut d'Optique* du 15 juillet 1935, p. 18.

quartz platiné placé sur la fente d'un spectrographe auxiliaire à optique de quartz.

Dans ces conditions, on voit le système de bandes à structure triple s'étendre vers les grandes longueurs d'onde jusqu'au delà de 3000 Å. Les longueurs d'onde des nouvelles bandes ainsi mises en évidence sont : 2832, 2842, 2855, 2904, 2913, 2924 Å, bande diffuse comprise entre 2990 et 3017 Å. En même temps, on constate qu'une absorption faible s'étend jusqu'à environ 3050 Å.

Le tableau ci-dessous donne les densités optiques D de 100^{m} d'oxygène, à 18° C. sous une pression de 27,7 kg/cm^2. On a retranché des valeurs observées les densités optiques provenant de la diffusion moléculaire, qu'il est facile de calculer.

Å.	D.	Å.	D.	Å.	D.
2820	0,58	2870	0,40	2940	0,13
2825	0,48	2880	0,24	2952	0,12
2832	0,52	2886	0,19	2960	0,08
2839	0,49	2895	0,14	2966	0,10
2842	0,54	2904	0,17	2980	0,03
2852	0,49	2908	0,15	....	....
2855	0,50	2913	0,17	3050	0,02 (environ)
2860	0,50	2920	0,15		
2864	0,48	2924	0,19		

2. Pour pouvoir évaluer l'absorption de l'oxygène atmosphérique à partir des données précédentes, il faudrait connaître la loi de variation du coefficient d'absorption en fonction de la pression. On sait que, pour les pressions élevées, le coefficient d'absorption croît à peu près proportionnellement au carré de la pression. En admettant que cette loi s'applique jusqu'aux faibles pressions existant dans l'atmosphère, on trouve que la *contribution apportée par l'oxygène à l'affaiblissement du rayonnement solaire entre* 2800 *et* 3000 Å *est pratiquement nulle, même pour les grandes distances zénitales.*

Mais l'extrapolation précédente n'est certainement pas correcte, car la loi de proportionnalité au carré de la pression ne peut pas s'appliquer aux pressions faibles. Elle suppose en effet : 1° que les gaz étrangers (N^2) n'ont aucune influence sur l'absorption; 2° que les bandes de Herzberg, pour lesquelles le coefficient d'absorption n'est pas proportionnel au carré de la pression, jouent un rôle négligeable. Or l'influence des gaz étrangers est

certaine ([5]) et l'intensité des bandes de Herzberg devient prépondérante pour les pressions faibles.

En admettant la loi de Beer (encore moins exacte) comme second cas limite, on obtient encore un effet tout à fait négligeable au zénith pour la région voisine de 3000 Å. On voit donc que de toute façon l'absorption de l'oxygène ne joue pratiquement aucun rôle dans la limitation du spectre solaire.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur l'équation de solubilité des hydrates.* Note ([1]) de M. **Jean Perreu.**

I. Cas d'un sel anhydre. — L'équation de solubilité de l'hydrate $S.sH^2O$, s'écrit sous la forme ([2])

$$503\frac{C}{1-sC}\frac{q_C}{T^2}-\left(\frac{\partial \log p}{\partial C}\right)_T\frac{dC}{dT}=0, \qquad \text{(I)}$$

d'où l'on déduit l'équation de Le Chatelier ([3]), relative aux sels anhydres,

$$503\,C\frac{q_C}{T^2}-\left(\frac{\partial \log p}{\partial C}\right)_T\frac{dC}{dT}=0. \qquad \text{(II)}$$

D'après cette dernière relation, le rapport dC/dT a le même signe que $-q_C$, conformément à la loi du déplacement de l'équilibre par variation de température, à pression constante, de Le Chatelier ([4]).

Dans plusieurs Notes parues en 1915-16, Colson ([5]) conteste l'équation (II), qui d'après lui ne s'applique pas dans le cas du chlorure et du carbonate de sodium anhydres. La solubilité du premier de ces sels croît avec la température, tandis que la chaleur d'équilibre ou chaleur limite q_C, qui est négative au-dessus de 1°, s'annulerait au voisinage de cette température et serait positive entre 1° et 0°. Pour CO^3Na^2, à 18°, q_C et dC/dT seraient tous les deux positifs. Ces deux affirmations sont contraires à l'équation (II) et à la loi du déplacement de l'équilibre.

([5]) Salow et Steiner, *Nature*, 134, 1934, p. 463.

([1]) Séance du 8 mars 1937.
([2]) *Comptes rendus*, 198, 1934, p. 172 (voir notations).
([3]) Le Chatelier, *Comptes rendus*, 118, 1894, p. 638.
([4]) Le Chatelier, *Comptes rendus*, 99, 1884, p. 786.
([5]) Colson, *Comptes rendus*, 161, 1915, p. 586 et 787; 162, 1916, p. 222.

a. Chlorure de sodium. — J'ai déterminé, à 18°, la chaleur de dissolution limite de ce sel, par la méthode indirecte des dilutions, j'ai trouvé $q_C = -0^{cal},30$. D'autre part $C_{(18°)} = 0,1103$; $dC/dT_{(18°)} = 0,000065$.

D'après les mesures tonométriques de Lannung [6], $(\partial \log p/\partial C)_{(18°)} = -3,09$ au voisinage de la saturation. La relation (II) donne $q_{C(cal)} = -0,306$, résultat qui est en bon accord avec les mesures calorimétriques ci-dessus.

Au-dessous de 0°,2, la solution saturée laisse déposer par refroidissement l'hydrate $ClNa.2H^2O$, l'équation (II) du sel anhydre n'est valable qu'au-dessus du point de transition. J'ai trouvé, pour ce dernier sel, à 0°,5 : $q_C = -0^{cal},06$; la chaleur d'équilibre est donc négative au voisinage du point de transition.

b. Carbonate de sodium. — L'équation de solubilité II s'applique uniquement le long de la courbe d'équilibre du sel anhydre, qui correspond aux températures supérieures à 112°,5 (point de transition relatif à l'équilibre : monohydrate + sel anhydre + solution saturée). Les travaux de Waldeck, Lynn et Hill [7] montrent que la solubilité du carbonate anhydre diminue quand la température s'élève. Colson a effectué des mesures calorimétriques sur ce dernier sel, vers 18°, en utilisant les solutions saturées en décahydrate; le résultat de ses expériences ne représente nullement la chaleur limite du sel anhydre.

II. Cas d'un hydrate organique. — L'équation de solubilité des hydrates (relation I), que j'ai étudiée expérimentalement pour quelques sels minéraux [8], s'applique également aux hydrates organiques. J'ai pu la vérifier à 19°-20°, pour l'acide oxalique à 2 mol-g d'eau : $\begin{matrix} COOH \\ | \\ COOH \end{matrix} .2H^2O$. D'après les tables de solubilités, on a $C_{(19°)} = 0,0179$; $(dC/dt)_{(19°)} = 0,00080$.

a. Mesures calorimétriques. — J'ai trouvé, pour les chaleurs spécifiques des solutions, les résultats suivants obtenus par la méthode calorifère :

Concentrations h...	352.	177.	118,66.	89,5.	72.	60,33.	55,85.
γ_{moyen} (19°-22°)....	0,985	0,975	0,966	0,957	0,949	0,940	0,935

Ces valeurs de γ sont convenablement représentées par la formule empirique

$$\gamma_{moy.(19°-22°)} = \frac{8+h}{12,3+h}.$$

(6) Axel Lannung, *Zeitsch. f. phys. Chem.*, 170, 1934, p. 134.
(7) Waldeck, Lynn et Hill, *Journ. Amer. Chem. Soc.*, 54, 1932, p. 928.
(8) *Comptes rendus*, 200, 1935, p. 1588.

La chaleur de dissolution limite, q_{Cl} de l'hydrate, a été déterminée à 19° par les méthodes suivantes :

Méthode directe. — Voici les résultats trouvés

Concentr. h.	∞.	352.	177.	118,66.	89,5.	72.	60,33.	55,85 (sat.).
q_c (cal)...	$-8,48(q_0)$	$-8,59$	$-8,67$	$-8,72$	$-8,75$	$-8,77$	$-8,79$	$-8,80$ (q_C extrap.)

La concentration obtenue dans la mesure de q_0 est $h' = 702$.

Méthode des dilutions, — Les chaleurs intégrales de dilution L_c des solutions concentrées, jusqu'à la dilution finale $h' = 702$, sont les suivantes :

Concentrations initiales h.....	55,85 (sat.).	65,33.	72.	89,5.
L_c (cal)..................	0,175 (L_C)	0,16	0,13	0,10

La chaleur d'addition a_C est égale à $0^{cal},19$. D'où $q_C = 8^{cal},84$.

Méthode de cristallisation. — La chaleur de cristallisation de l'hydrate, à partir d'une solution légèrement sursaturée, est égale à $8^{cal},83$.

b. Mesures tonométriques. — J'ai trouvé pour les tensions de vapeur des solutions à 20°C., les valeurs ci-après :

Concentrations c.........	0,00439.	0,00873.	0,0128.	0,0166.
p (mm. de mercure).....	17,43	17,33	17,24	17,16

Par suite $(\partial \log p / \partial C)_{20^\circ} = -1,22$ au voisinage de la saturation.

c. Vérification. — En portant dans l'équation (I) les valeurs de T, C, dC/dT, $(\partial \log p / \partial C)_{20^\circ}$, on trouve $q_{C(calc)} = -8^{cal},97$. L'écart obtenu est d'environ 1,7 pour 100.

L'ensemble de ces mesures confirme par suite le caractère très général de la loi de solubilité.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Énergie de dissociation de la molécule d'oxyde de carbone.* Note (¹) de MM. **Marc de Hemptinne**, **Jean Savard** et **Paul Capron**, transmise par M. Jean Perrin.

Nous avons déterminé (²) le potentiel d'ionisation de l'oxyde de carbone 13,5 eV., et dressé la liste des potentiels critiques apparus entre 15,5 et 19,1 eV.

Après des expériences répétées, nous avons déterminé les points critiques

---

(¹) Séance du 8 mars 1937.

(²) *Comptes rendus*, 204, 1937, p. 354.

supérieurs suivants : 19,2; 19,45; 19,9; 20; 20,1; 20,4; 20,9; 21,1; 21,2; 21,4; 21,8; 22; 22,3; 22,45; 22,6; 22,8; 22,9; 23; 23,3; 23,5; 23,7; 23,8; 24,2; 24,6; 25; 25,3; 25,6; 26; 26,8.

Quelques remarques préliminaires permettent une première discrimination entre tous ces potentiels.

Si l'intensité de l'émission électronique, et la pression du gaz dans l'appareil, sont telles que le courant reçu au collecteur (courant électronique) croisse rapidement avec le potentiel, seuls restent visibles jusqu'à 22 eV., les points critiques : 19,45; 20; 20,4; 20,9; 21,2. Ces potentiels définissent donc des processus dont le rendement est suffisant pour qu'ils ne soient pas masqués par la rapide augmentation du courant électronique. Le premier, 19,45 eV., quoique net, est suivi, à partir de 19,6 eV. déjà, d'une reprise ascendante de la courbe. Mais à 20 eV., l'allure générale de celle-ci change brusquement : de croissante elle devient décroissante. Le point critique à 20,4 eV. est peu marqué; le potentiel 20,9 V. est au contraire suivi d'une forte baisse de l'intensité du courant électronique observé. Enfin le potentiel 21,2 V. est net mais n'est pas suivi d'une brusque variation de l'inclinaison de la courbe.

Il apparaît donc peu vraisemblable de supposer que des ions se forment à 19,45 ou 20,4 V. Une semblable formation est possible à 20,9, peu probable à 21,2 mais presque certaine à 20 eV. Ce potentiel sera donc provisoirement interprété par la dissociation $CO = C^{+}(^{2}P) + O(^{3}P)$.

Si maintenant on établit dans l'appareil une intensité d'émission électronique et une pression telles que la courbe soit toujours croissante (les ions sont toujours formés en quantité trop faible pour que le sens de la courbe puisse être inversé), apparaissent comme vraisemblablement suivis d'une ionisation les potentiels 22,3, 23,5 et 24,2 V.

Adoptant provisoirement 20 eV pour l'énergie de la dissociation de la molécule normale en C^{+} et O (normaux), on calcule aussitôt :

$$CO = C\ (^{3}P) + O^{+}(^{4}S) - 22{,}3\ \text{eV},$$
$$CO = C\ (^{1}D) + O^{+}(^{4}S) - 23{,}55\,\text{eV},$$
$$CO = C^{+}(^{2}P) + O\ (^{1}S) - 24{,}2\ \text{eV}.$$

La concordance entre les potentiels calculés et observés est un premier argument en faveur de l'interprétation proposée pour le potentiel 20 V.

Mais c'est par l'observation du courant ionique parvenant seul au collecteur que l'interprétation du potentiel 20 cesse d'être une hypothèse. En effet, la courbe représentative (étudiée jusqu'à 19,1 V dans notre précé-

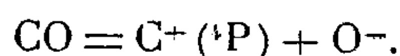
dente Note) s'élève jusqu'à 19,45 V, et accuse pour ce potentiel un net maximum. Elle décroît ensuite jusqu'à 19,95 eV. A 20 V, son ascension reprend presque verticale. On en conclut immédiatement que 19,45 ne peut pas être un potentiel d'ionisation, mais que cette qualité doit, sans hésitation possible, être attribuée au potentiel 20. A 21,4 V, on observe un nouveau maximum suivi d'une baisse d'intensité si considérable qu'elle ne peut s'expliquer que par une formation d'ions négatifs. A 22,3 V, la courbe redevient brusquement croissante.

Ces expériences montrent que seuls les potentiels 20 et 22,3 peuvent correspondre à une dissociation avec formation d'ions positifs. Le potentiel 20 est, d'autre part, exactement séparé du potentiel 22,3 par la différence d'énergie des deux dissociations en $C^+ + O$ et $C + O^+$ (normaux).

Le potentiel 19,45 ne peut être qu'une résonance suffisamment marquée pour demeurer visible malgré la rapide augmentation de l'intensité du courant électronique. Sont en effet possibles les résonances suivantes :

$$a'^3\Sigma + F^1\Pi\,(19{,}43), \qquad A^1\Pi + E^1\Sigma\,(19{,}45), \qquad d^3\Pi + c^3\Pi\,(19{,}35).$$

Quant au potentiel 21,4, il fut déjà observé par Tate et Lozier (³) à 22 eV. Leurs mesures étant entachées d'une erreur de calibrage de 0,5 à 0,6 V, nos résultats sont parfaitement concordants. La nature des ions formés a été reconnue par Vaughan au moyen du spectrographe à masse. Le potentiel 21,4 doit donc s'interpréter par la dissociation :



$$CO = C^+(^4P) + O^-.$$

D'où il résulte que l'électroaffinité de l'atome d'oxygène est : $20 - (21{,}4 - 5{,}2) = 3{,}8$ eV.

L'énergie de dissociation de la molécule normale d'oxyde de carbone en atomes normaux est $D = 20 - 11.2 + 8{,}8$ eV.

La formule empirique proposée par l'un de nous (⁴) :

$$D = 2n\,I_m - \Sigma(n_a I_a),$$

est bien vérifiée par l'oxyde de carbone. A partir de $I_m = 13{,}5$, on calcule, avec $2n = 6$, $n_c = 4$, $n_0 = 2$: $D = 8{,}8$.

(³) *Physical Review*, 39, 1932, p. 254.
(⁴) *Comptes rendus*, 197, 1933, p. 1122.

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur l'oxydation de l'hydrate de nickel par le persulfate de sodium en milieu alcalin.* Note [1] de M. **Félix François** et de M[lle] **Marie-Louise Delwaulle**.

La question des peroxydes de nickel apparaît encore obscure. L'oxydation de l'hydrate de nickel mène selon les uns [2] à un mélange d'hydrates : $Ni(OH)^2$ et NiO^2, nH^2O ne comportant que des traces de Ni^2O^3.

Pour d'autres [3], on obtiendrait toujours un mélange de $Ni(OH)^2$, de NiO^2 et de Ni^2O^3. Ni^2O^3 ne serait pas un terme intermédiaire entre $Ni(OH)^2$ et NiO^2.

Enfin Huttig et Peters [4], ne doutent pas de l'existence de Ni^2O^3, puisqu'ils ont étudié la décomposition isobare des hydrates de ce peroxyde.

Tous les auteurs, à part ces derniers, sont d'accord pour considérer ces peroxydes comme éminemment instables.

Nous pensons apporter une contribution utile à l'étude de cette question, grâce à un mode de dosage qui permet de titrer l'oxygène actif du produit obtenu, sans lavage, ni destruction de l'oxydant resté en liqueur.

Dans ce but, nous nous sommes imposé comme agent d'oxydation un persulfate alcalin.

Le dosage de l'oxygène actif du produit obtenu (imprégné éventuellement de persulfate) a été réalisé en dissolvant à froid le précipité humide dans une solution chlorhydrique d'anhydride arsénieux, dont on dose l'excès par du bromate de potassium. Le persulfate est inactif sur l'anhydride arsénieux dans ces conditions.

Nous réalisons donc une analyse quasi instantanée du produit obtenu. La composition du milieu oxydant (concentration en persulfate et hydrate alcalin) est déterminée en même temps.

L'étude de l'évolution des précipités montre que leur oxydation n'est pas instantanée. Le pouvoir oxydant qui croît d'abord rapidement avec le temps de réaction, passe par un maximum qu'il conserve en général pendant un certain temps. Nous avons, pour l'établissement du graphique, adopté cette valeur maxima.

---

(1) Séance du 22 mars 1937.

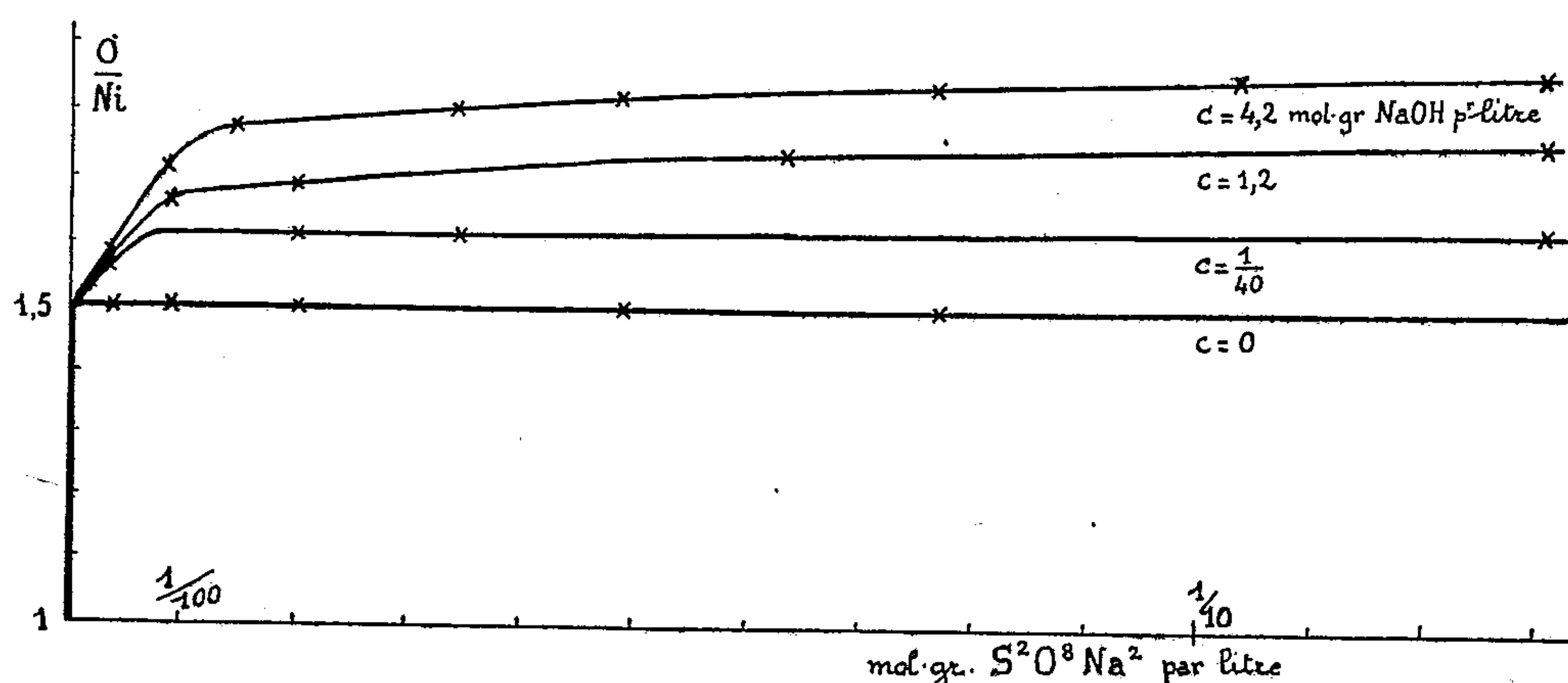
(2) Belluci et Clavari, *Atti Accad. Lincei*, **16**, I, 1907, p. 647; *Gazz. chim. ital.*, **36**, I, 1906, p. 58.

(3) Howell, *J. Chem. Soc. London*, **123**, 1923, p. 669 et 1772.

(4) Hüttig et Peters, *Z. anorg. Chem.*, **189**, 1930, p.190.

Les résultats sont superposables, qu'il s'agisse de persulfate de sodium ou de potassium, de soude ou de potasse caustique. Les résultats publiés sont relatifs au persulfate de sodium et à la soude qui permettent d'étudier dans de plus larges limites l'influence de ces réactifs.

Nous avons opéré de façon à obtenir un volume final de solution constant, la quantité de sulfate de nickel mise en œuvre étant fixe. Nous avons toujours utilisé assez de soude pour qu'il ne reste pas de sulfate de nickel en solution.



Si, dans ces conditions, quelle que soit la quantité d'alcali mise en jeu, on fait croître la quantité de persulfate en réaction, l'oxydation de l'hydrate de nickel est d'abord quantitative : le pouvoir oxydant du précipité est égal à celui du persulfate employé; la liqueur au contact est une solution de sulfate de sodium et de soude.

Cette oxydation quantitative a lieu jusqu'à ce que le pouvoir oxydant du précipité corresponde exactement à Ni^2O^3($O/Ni = 1,50$).

L'obtention de précipités plus oxydés nécessite une accumulation du persulfate et de l'alcali dans la liqueur : dans le graphique, chaque courbe est relative à une même concentration finale en alcali, elle représente la variation du rapport O/Ni en fonction de la concentration du persulfate dans la liqueur.

On voit que le rapport O/Ni croît lentement avec les concentrations de l'alcali et du persulfate dans la liqueur au contact.

L'étude se trouve limitée d'une part, par la solubilité du persulfate; d'autre part, par le fait qu'une trop forte concentration en alcali rend la

liqueur baignante très instable : dès les premiers instants de contact, il se produit un dégagement relativement abondant d'oxygène.

Nous n'avons pas, dans nos mesures, dépassé la valeur O/Ni = 1,88.

Il y a donc certainement deux régimes dans l'oxydation :

a. Une oxydation quantitative de l'hydrate de nickel par le persulfate qui se termine précisément quand la composition du précipité répond à la formule Ni^2O^3.

Ce fait ne paraît pouvoir s'expliquer que par la formation de Ni^2O^3 à partir de l'hydrate de nickel, ceci jusqu'à transformation complète en ce peroxyde.

b. A partir de ce moment, l'oxydation cesse d'être quantitative, le produit obtenu dépend non seulement de la concentration en persulfate de la liqueur baignante mais même de celle de l'hydrate alcalin. Si dans cette zone la possibilité de l'existence de NiO^2 n'est nullement exclue, l'instabilité extrême des produits d'oxydation n'en permet par cette voie, ni l'obtention à l'état pur, ni même l'identification.

BIOLOGIE. — *Développement du pénis provoqué chez l'enfant par l'injection d'acétate de testostérone*. Note [1] de MM. **René Moricard** et **René Bize**, présentée par M. Antonin Gosset.

Laqueur [2] a isolé, en partant du testicule, une hormone qui est le testostérone, de formule $C^{19}H^{28}O^2$. Ruzicka [3], Butenandt [4], Roussel [5] en ont réalisé la synthèse. Miescher [6], Parkes [7] ont constaté que l'acétate de testostérone est plus actif sur le développement des vésicules séminales du Rat impubère que le testostérone.

L'acétate de testostérone dont nous avons disposé, injecté à la dose de $1^{mg},5$ chez le Rat impubère de 50 à 60^g, provoque, en 10 jours, un accroissement de 600 pour 100 du poids des vésicules séminales. Cette

(1) Séance du 8 février 1937.
(2) *Acta. Brev. Neer.*, 5, 1935, p. 84.
(3) *Helv. Chem. Act.*, 18, 1935, p. 1264.
(4) *Ber. Deutsch. Chem. Ges.*, 68, 1936, p. 1559.
(5) *Bull. Acad. Med.*, 115, 1936, p. 458.
(6) *Schweiz. Med. Wschr.*, 36, 1936, p. 763.
(7) *Lancet*, 223, 1936, p. 223.

substance, injectée à des enfants ayant un retard de développement génital, nous a permis de provoquer un développement marqué du pénis.

Chez les enfants normaux, la mensuration en centimètres du pénis, en longueur et en circonférence (au moyen d'un baguier), donne les dimensions moyennes suivantes :

Age (ans)	7	8.	9.	10.	11.	12.	13.	14.	15.
Longueur	5	5,3	5,4	5,4	5,5	6,2	6	7,7	9,5
Circonférence	4,6	4,8	5	5,2	5,4	6	5,9	7,6	8,5

Chez 3 enfants (atteints de syndrome adiposo-génital), nous avons obtenu les dimensions suivantes :

Sujet.	Age.	Longueur.	Circonférence.
Leb	8 ans et demi	$2^{cm},6$	$5^{cm},1$
Rouil	10 ans	$2^{cm},2$	4^{cm}
Ren	14 ans	3^{cm}	$5^{cm},1$

Ces chiffres sont très inférieurs aux dimensions habituelles et respectives du pénis à ces différents âges. Chez le premier, le pénis est enfoncé dans le panicule adipeux sus-pubien.

Les enfants ont reçu de 10 à 80^{mg} d'acétate de testostérone par semaine sur une durée de 1 à 6 mois, avec les résultats suivants :

Sujet.	Dose injectée.	Durée.	Longueur.	Circonférence.
Leb	270^{mg}	3 mois	$4^{cm},5$	$5^{cm},4$
Rouil	330^{mg}	6 mois	$4^{cm},5$	7^{cm} (1)
Ren	75^{mg}	1 mois	$4^{cm},5$	$6^{cm},3$

(1) Ce chiffre est voisin de celui que l'on obtient chez l'enfant normal à 14 ans.

Parallèlement à ces effets de développement génitaux, il y a eu des modifications du poids, de la répartition de l'adiposité, du système pileux, de la taille, de la force musculaire et du psychisme.

En conclusion, du point de vue morphologique, l'injection d'acétate de testostérone a permis de provoquer le développement du tractus génital de l'Homme.

MICROBIOLOGIE. — *Longue conservation à sec du virus du Typhus murin dans les déjections des puces infectées.* Note de MM. **Georges Blanc** et **M. Baltazard**, présentée par M. Félix Mesnil.

En 1914, Ch. Nicolle, G. Blanc et E. Conseil démontraient la virulence des déjections des poux infectés par le virus du Typhus exanthématique ([1]). Ces auteurs écrivaient alors : «... le grattage de la peau avec l'ongle souillé des déjections des poux est capable de transmettre la maladie, aussi bien que la piqûre». Mais l'évidence de la transmission par piqûre faisait passer au second plan la virulence des déjections, dont le rôle dans l'épidémiologie du virus semblait négligeable.

Dyer et ses collaborateurs ([2]), en 1931, étudiant la transmission du Typhus murin par la puce, montrent qu'à l'inverse du pou dans le Typhus épidémique, la puce ne peut transmettre le virus par piqûre. Ils démontrent la virulence des déjections et supposent que la transmission de la maladie est assurée, dans la nature, de rat à rat par la souillure des plaies de piqûre par les déjections de l'ectoparasite.

Au laboratoire de M. Weigl, Jan Starzyk ([3]), en 1936, remet à l'ordre du jour l'importance des déjections d'ectoparasites dans la conservation et la transmission naturelle du Typhus épidémique, en démontrant la très longue conservation du virus dans les déjections des poux infectés. Cette conservation atteignant, dans ses essais, 66 jours dans les conditions naturelles, il émet l'hypothèse d'une survie interépidémique du virus dans ces déjections sèches.

Dans le Typhus murin, la puce, à l'inverse du pou qui meurt du Typhus épidémique, héberge le virus pendant toute sa vie et, la transmission naturelle de rat à rat étant assurée, pour la plus grande part, par le virus des déjections, il était particulièrement intéressant de connaître la longévité de ce virus dans les fèces. Les expériences actuellement en cours, dont nous

(1) *Comptes rendus*, 159, 1914, p. 661, et *Arch. Inst. Pasteur Tunis*, 9, 1914, p. 84.

(2) E. T. Ceder, R. E. Dyer, A. Rumreich et L. F. Badger, *Publ. Health Reports*, 46, 1931, p. 3103; R. E. Dyer, E. T. Ceder, M. G. Workman et L. F. Badger, *ibid.*, 47, 1932, p. 131.

(3) J. Starzyk, *C. R. Soc. Biol.*, 123, 1936, p. 1221.

rapportons ici les premiers résultats, portent toutes sur la puce *Xenopsylla cheopis*.

Avec des déjections de puces conservées en boîte de Petri, sur du papier buvard, à l'obscurité et à la température du laboratoire, nous avons pu atteindre, jusqu'à présent, un délai de conservation de 21 jours, au bout desquels la virulence semblait rigoureusement intacte (temps d'incubation identique chez le cobaye : 6 jours, infection à des taux de dilution très élevés).

Avec des déjections de puces rapidement desséchées sur chlorure de calcium et conservées en ampoules scellées sous le vide à 1/100e de millimètre de Mg, fourni par une pompe à huile, nous avons atteint, jusqu'à présent, 7 jours de conservation.

Avec des puces entières, mortes, rapidement desséchées sur chlorure de calcium et conservées en ampoules scellées sous le vide, nous avons atteint 7 jours de conservation.

Par contre, un broyat de puces infectées, desséché et conservé dans le vide, ne se montre plus virulent après 7 jours.

L'intégrité remarquable de la virulence au bout de 21 jours montre, une fois de plus, la grande importance de l'ectoparasite dans la multiplication et la propagation du virus.

500 puces infectées émettent en 24 heures environ 1g de déjections. La puce infectée le reste toute sa vie et toutes ses déjections sont virulentes. Le virus se conserve longtemps dans ces déjections. Si l'on songe au nombre considérable de puces dont sont porteurs les rats sauvages, et à la fréquence de leur infection, on se représente l'énorme quantité de virus mise ainsi en liberté dans la nature.

La possibilité d'une contagion humaine par ce virus à grande résistance, répandu sous forme de poudre fine partout où se trouve les rats, prend, en face des expériences négatives de transmission par piqûre que nous publierons prochainement, une plus grande probabilité.

En dehors de cette constatation épidémiologique, la longue conservation à sec du virus dans les déjections, démontrée par Starzyk pour le Typhus épidémique et par nous-mêmes pour le Typhus murin, opposée aux multiples essais négatifs ou douteux de longue conservation à sec de ces virus lors de leur vie intracellulaire, montre la possibilité d'une survie extracellulaire des *Rickettsia*.

Peut-être cette survie tient-elle à ce que la dessiccation du parasite libre est soumise à d'autres conditions physicochimiques que celle du parasite intracellulaire. Mais, peut-être aussi s'agit-il d'une forme de résistance particulière, présente seulement dans l'intestin de l'arthropode.

L'intérêt pratique de cette longévité à sec sera de pouvoir conserver facilement le virus murin, et, s'il se comporte vis-à-vis de la bile comme le virus frais, de pouvoir l'expédier à distance pour la préparation de vaccin antityphique.

La séance est levée à 15^h20^m.

E. P.

ERRATA.

(Séance du 1er février 1937.)

Note de M. *Georges Kurepa*, Le problème de Souslin et les espaces abstraits :

Page 327, ligne 9 en remontant, *au lieu de* $2\aleph_0$, *lire* $2^{\aleph_0}$; ligne 8 en remontant, *au lieu de* formés, *lire* fermés.

(Séance du 1er mars 1937.)

Note de M. *F.-J. Bourrières*, Sur les oscillations auto-entretenues des extrémités de tubes élastiques :

Page 654, dernière ligne, *lire*

$$\mathrm{EI}\frac{\partial^4 y}{\partial x^4} + (\rho\mathrm{S} + \mathrm{P}\Sigma)\frac{\partial^2 y}{\partial t^2} + 2\mathrm{UP}\Sigma\frac{\partial^2 y}{\partial x\,\partial t} + \mathrm{U}^2\mathrm{P}\Sigma\frac{\partial^2 y}{\partial x^2} = 0.$$

(Séance du 15 mars 1937.)

Note de M. *Marc Simonet*, Un nouveau cas de dédoublement chromosomique chez un hybride d'*Iris pagocyclus*, *I. Ricardii* Hort. var. *Leverrier* Hort. × *I. Iberica* Hoffm. :

Page 895, ligne 8, *supprimer* ou bien ; ligne 9, *au lieu de* ou bien que, *lire* et que.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 5 AVRIL 1937.

PRÉSIDENCE DE M. EMMANUEL LECLAINCHE.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

PHYSICOCHIMIE BIOLOGIQUE. — *Recherches sur la viscosité des solutions de bile.* Note (¹) de MM. **Charles Achard**, **Augustin Boutaric** et Mlle **Paulette Berthier**.

Nos expériences ont porté sur de la bile de bœuf centrifugée pendant 30 minutes, à 6000 tours par minute, de manière à obtenir un liquide parfaitement homogène et limpide. Nous avons mesuré à l'aide du viscosimètre d'Oswald la viscosité relative η/η_0 à 26° de dilutions croissantes de bile dans l'eau.

Le tableau suivant donne, pour diverses teneurs φ en bile par centimètre cube de solution, les viscosités η/η_0 et les expressions $1/\varphi \, \text{Log}_e \, \eta/\eta_0$ relatives à trois échantillons de bile, A_1, A_2 et A_3, ayant pour densité à 26°

$$d_1 = 1{,}016, \quad d_2 = 1{,}018, \quad d_3 = 1{,}020.$$

	A_1.		A_2.		A_3.	
φ.	$\frac{\eta}{\eta_0}$.	$\frac{1}{\varphi}\text{Log}_e\frac{\eta}{\eta_0}$.	$\frac{\eta}{\eta_0}$.	$\frac{1}{\varphi}\text{Log}_e\frac{\eta}{\eta_0}$.	$\frac{\eta}{\eta_0}$.	$\frac{1}{\varphi}\text{Log}_e\frac{\eta}{\eta_0}$.
1	1,452	0,373	1,547	0,435	1,595	0,467
0,75	1,309	0,352	1,372	0,430	1,415	0,462
0,5	1,190	0,347	1,232	0,416	1,254	0,453
0,375	1,138	0,343	1,154	0,389	1,180	0,442
0,25	1,088	0,336	1,102	0,386	1,116	0,439
0,20	1,067	0,324	1,078	0,375	1,091	0,435
0,10	1,036	0,320	1,037	0,368	1,044	0,430
0,05	1,016	0,317	1,018	0,356	1,021	0,416

(¹) Séance du 31 mars 1937.

En portant sur un graphique les valeurs de $1/v \operatorname{Log}_e \eta/\eta_0$ en fonction de v, on constate que les points se placent dans tous les cas sur une droite, en sorte que l'on a

$$\frac{1}{v} \operatorname{Log}_e \frac{\eta}{\eta_0} = a + bv,$$

c'est-à-dire

(1) $$\operatorname{Log}_e \frac{\eta}{\eta_0} = av + bv^2.$$

En désignant par c_0 la concentration de la bile en matières dissoutes (obtenue par évaporation et pesée du résidu sec), la concentration c des diverses solutions étudiées est

$$c = c_0 v.$$

Introduisant la valeur de c, l'équation (1) s'écrit

(2) $$\operatorname{Log}_e \frac{\eta}{\eta_0} = \frac{a}{c_0} c + \frac{b}{c_0^2} c^2.$$

Pour de très faibles concentrations $\log_e \eta/\eta_0$, c'est-à-dire

$$\operatorname{Log}_e \left(1 + \frac{\eta - \eta_0}{\eta_0}\right),$$

tend vers $(\eta - \eta)/\eta_0$, en sorte que l'on a

(3) $$\lim \frac{\eta - \eta_0}{\eta_0} = \frac{a}{c_0} c.$$

On peut avoir une idée approximative du gonflement moyen des substances dissoutes intervenant dans la bile, en utilisant la formule d'Einstein reliant la viscosité d'une suspension au volume φ occupé par les particules contenues dans l'unité de volume

(4) $$\frac{\eta - \eta_0}{\eta_0} = 2,5 \varphi.$$

Comparant les relations (3) et (4) on obtient

(5) $$\varphi = \frac{1}{2,5} \frac{a}{c_0} c.$$

En désignant par φ_0 le volume occupé par la matière à l'état sec et par δ sa densité on a

(6) $$\varphi_0 = \frac{c}{\delta}$$

divisant membre à membre les équations (5) et (6) on obtient

$$\frac{\varphi}{\varphi_0} = \frac{a\delta}{2,5\, c_0}. \quad (7)$$

En utilisant, pour relier la viscosité d'une suspension au volume φ occupé par les particules contenues dans l'unité de volume, la formule de Kunitz qui, d'après certains auteurs, s'accorderait mieux avec les faits et qui pour des solutions très diluées fournit

$$\lim \frac{\eta}{\eta_0} = 1 + 4,5\, \varphi,$$

la relation (7) devient alors

$$\frac{\varphi}{\varphi_0} = \frac{a\delta}{4,5\, c_0}, \quad (7\ is)$$

La valeur de δ a été calculée à partir de la densité de la solution de bile et du poids du résidu sec fourni par 1^{cm^3} de solution.

Voici pour les trois échantillons de bile étudiés les valeurs de δ et les valeurs correspondantes de φ/φ_0 obtenues à partir de la formule d'Einstein et à partir de la formule de Kunitz :

Échantillons.	δ.	φ/φ_0 (Einstein).	φ/φ_0 (Kunitz).
A_1	1,378	2,38	1,31
A_2	1,361	2,39	1,31
A_3	1,375	2,55	1,39

Les mesures faites conduisent ainsi à penser que dans la bile, considérée habituellement comme une solution de colloïdes hydrophiles, le gonflement moyen par le solvant des substances dissoutes est relativement faible, oscillant entre 2,55 et 1,31 suivant qu'on admet pour relier le gonflement à la viscosité la formule d'Einstein ou celle de Kunitz.

CORRESPONDANCE.

M. **Émilio Damour** prie l'Académie de vouloir bien le compter au nombre des candidats à l'une des places vacantes dans la Division des Académiciens libres.

MÉCANIQUE DES FLUIDES. — *La méthode des analogies électriques pour le calcul des corrections de parois.* Note de M. **Lucien Malavard**, présentée par M. Henri Villat.

J'ai adapté mon calculateur d'ailes (¹) à la détermination des corrections de parois en soufflerie et je résume ici quelques remarques à ce sujet.

L'appareil donne l'image électrique des tourbillons libres de l'aile. Pour représenter une aile dans une veine de soufflerie, il suffit donc de limiter le bassin électrique suivant la forme de la veine. Cela se fait bien aisément en introduisant dans le bassin des cloisons de forme convenable, conductrices ou isolantes suivant qu'il s'agit d'une veine libre ou fermée. La solution est théoriquement parfaite, elle n'implique pas les approximations que l'on fait le plus souvent pour le calcul des corrections (par exemple que la répartition des circulations est sensiblement la même en fluide indéfini ou en veine limitée) elle permet donc de les vérifier. Le calculateur d'ailes, où les $\overline{\varphi}$ et les R sont réglés aux valeurs imposées par la définition géométrique de l'aile, assure en effet la relation fondamentale entre la circulation et l'angle d'attaque effectif dans chaque section de l'aile. Il détermine donc la répartition des circulations, aussi bien dans le cas de la veine limitée que dans le cas de la veine libre.

Les formules que j'ai données pour calculer, en fonction des potentiels φ des diverses électrodes, la répartition des efforts sur l'aile continuent à s'appliquer et l'on en tire sans peine les valeurs des corrections de parois.

Nous ne donnerons ici les formules que dans un cas notable qu'il est intéressant de caractériser. Comparons une même aile placée, à la même incidence, dans un courant illimité et limité. La relation fondamentale, satisfaite dans chaque section et qui détermine la répartition des circulations, s'écrira respectivement

$$\Gamma = kt\mathrm{V}\left(\alpha - \frac{w}{\mathrm{V}}\right), \tag{1}$$

$$\Gamma' = kt\mathrm{V}\left(\alpha - \frac{w'}{\mathrm{V}} - \frac{w'_1}{\mathrm{V}}\right), \tag{2}$$

(¹) Cf. *a. Application des analogies électriques à quelques problèmes de l'Hydrodynamique* (*Publications sc. et tech. du Ministère de l'Air*, 57, 1932) et *b. Application de la méthode électrique à quelques questions concernant l'aile portante* (*La Science aérienne*, 6, nov.-déc. 1936, p. 360). Nous gardons dans la présente Note les notations de ces deux Mémoires.

t profondeur de la section considérée, α angle d'attaque géométrique, Γ circulation, w vitesse auto-induite, les accents concernant le cas de la veine limitée, enfin w'_1 étant la vitesse induite due aux parois. Les équations (1) et (2) dans lesquelles les fonctions inconnues sont respectivement Γ et Γ' (qui interviennent aussi, sous un signe partie principale d'intégrale, dans les vitesses induites) sont exactement de même forme, α étant remplacé dans (2) par $\alpha - w'_1/V$. Soit le cas d'une aile sans décalage (α constant le long de l'envergure) et où de plus w'_1/V est également constant suivant l'envergure (c'est très sensiblement le cas pour les conditions usuelles des essais de maquettes en soufflerie). Il est clair alors que Γ'/Γ sera également constant suivant l'envergure. Or, dans l'essai au calculateur d'ailes, les circulations sont déterminées par les potentiels φ (φ' en veine limitée) des électrodes. Le rapport φ'/φ sera constant. C'est ce que j'ai pu vérifier dans de nombreuses expériences concernant les cas usuels. Se reportant aux formules qui donnent (*loc. cit.*, *a*, p. 49; *b*, p. 360) les coefficients de portance et de traînée c_P et c_R, on constate que les corrections sur l'angle d'attaque et sur la traînée permettant de passer, *à un même* c_P, du cas de la veine limitée au cas de l'air libre sont :

$$\Delta\alpha = \frac{H}{1+H}\rho c_P, \qquad \Delta c_R = \frac{H}{1+H}\rho c_P^2$$

avec

$$H = \frac{\varphi' - \varphi}{\varphi} \qquad \text{et} \qquad \rho = \frac{2b}{\lambda\mu} : \int_{-1}^{+1} \varphi\, du \qquad \left(\mu = \frac{\max.\, kt}{100}\right).$$

Ces formules ont un aspect assez différent de celles auxquelles conduit le calcul numérique; j'ai pu constater par de nombreux essais que l'accord était très satisfaisant.

Les résultats détaillés seront donnés ailleurs, je me borne ici à quelques remarques. Le calcul direct de la correction donne, quand il est accessible, une précision quasi illimitée qu'il ne faut pas demander à la méthode électrique. Mais cette dernière méthode donne sans peine la précision pratiquement nécessaire; elle a l'avantage d'être très rapide et absolument générale, quelle que soit la forme de la veine et les caractéristiques de l'aile étudiée.

Pour l'étude de certaines questions théoriques sur lesquelles nous reviendrons, nous utilisons une méthode mixte dont voici le principe. Le calcul des corrections de parois se fait en deux temps : on détermine d'abord la répartition des vitesses induites par les parois, puis on a à calculer l'effet de ces vitesses induites sur la répartition des circulations. Le calculateur

d'ailes supplée avec avantage à ce second calcul qui est le plus délicat : on a une aile avec les angles d'attaque géométriques α'_i/V (calculés). La détermination de la correction ne dépend plus de la mesure de différences relativement faibles $\varphi'-\varphi$ et l'on a, sur le terme correctif ainsi isolé, la précision même, qui dépasse largement le centième, que donne la méthode électrique dans le calcul d'une aile.

MÉCANIQUE PRATIQUE. — *Sur la théorie de l'équilibre des terres de M. Caquot.* Note de M. **Etienne Kondor**, présentée par M. Albert Caquot.

M. Caquot a développé une théorie de la transmission dans les terres d'une contrainte constante appliquée à la surface libre d'un massif à frottement interne (¹). Il nous paraît nécessaire d'y préciser une importante question de signe.

L'équilibre de M. Caquot est défini par une courbe conjuguée aux rayons vecteurs, constituée par un arc d'ellipse $\widehat{DN}$, puis par un arc de spirale logarithmique $\widehat{NS}$; ces deux arcs se raccordent en étant tangents.

D'après la formule

$$r = \overline{OM}\,\frac{\overline{AN}^2}{\overline{AS}^2},$$

$\widehat{NS}$ doit s'écarter du centre A, contrairement à la figure 14 de M. Caquot. $\widehat{DN}$ doit donc contenir un sommet de l'ellipse si la tangente $\overrightarrow{qD}$ à l'ellipse se rapproche de A.

Par suite, dans le cercle de Mohr (*fig.* 15), F doit être situé du côté du diamètre OG où est M si $\overrightarrow{qD}$ s'éloigne de A, de l'autre côté si $\overrightarrow{qD}$ s'en rapproche.

Il en résulte que, dans les formules de M. Caquot, il faut orienter l'angle α en sorte que $\alpha = +\pi/2$ pour q en A; et il faut donner à γ le signe de α. Par exemple, sur la figure 14, α est négatif, γ est négatif.

Ainsi, dans l'exemple calculé par M. Caquot, pages 62-64, il vient $\alpha = -20°$, $\gamma = -30°,30$, δ sensiblement nul; le plan du mur coïncide à

(¹) Voir A. Caquot, *Équilibre des massifs à frottement interne,* Paris, 1934, Chap. VI, p. 31-33. Les notations de la présente Note sont celles des figures 14 et 15.

peu près avec le plan de plus grand glissement; on est approximativement à la limite de l'équilibre de Rankine et $r = 1,11$ et non 0,666.

D'autres exemples montrent que la théorie ingénieuse de la spirale logarithmique améliore en général peu l'équilibre de Résal d'un massif de terres maintenu par un mur de soutènement. Par contre les beaux résultats de M. Caquot concernant les fondations ne sont pas affectés par notre remarque.

Indiquons encore les formules à employer dans le cas de l'équilibre limite supérieur; α et γ étant compris entre $-\pi/2$ et $+\pi/2$ et ayant les signes précisés ci-dessus, on a

$$\delta = \frac{2\theta + \alpha - \gamma + \varphi}{2} - \frac{\pi}{4}, \qquad r = \frac{q \cos\varphi}{\cos\alpha - \sin\varphi \cos\gamma} e^{2\delta \operatorname{tang}\varphi}.$$

ASTROPHYSIQUE. — *Spectre de Nova Lacertæ 1936, peu après le maximum d'éclat.* Note de Mlle **Marie Bloch**, transmise par M. Charles Fabry.

Du 23 juin au 20 octobre 1936 une trentaine de clichés de spectres de la Nova ont été obtenus à l'Observatoire de Lyon avec deux prismes objectifs donnant respectivement une dispersion moyenne de 48 Å et 110Å par millimètre entre $H\gamma$ et $H\zeta$. Ils montrent une évolution rapide de la Nova. Cette Note résume les résultats déduits des premières observations, soit de 6 spectres, dont 4 pris le 23 et 2 le 24 juin, 3 et 4 jours après le maximum d'éclat de la Nova. Les mesures ont été effectuées à l'aide d'un microphotomètre de Moll.

Ce spectre présente un aspect assez différent de celui des autres novæ et notamment celui de Nova Herculis étudié précédemment [1].

1° On y voit les raies du calcium et du sodium interstellaires, peu intenses.

2° Les raies d'émission sont très larges. Elles se présentent sous forme de bandes assez étendues avec, sauf pour H_α et H_β, une dépression centrale et deux maxima d'à peu près même intensité. Les déplacements moyens de ces maxima, par rapport aux raies interstellaires, sont respectivement égaux à $d\lambda/\lambda . 10^4 = -5$ et $+42$ qui correspondent à des vitesses radiales de -150 km/sec et $+1250$ km/sec.

3° Alors que chez Nova Herculis une fine raie d'absorption bordait, du

(1) *Annales de l'Université de Lyon*, 3e série, section A, 1, 1936, p. 119.

côté violet, chaque raie d'émission, Nova Lacertæ montre de larges bandes d'absorption, déplacées vers le violet, très fortes et d'une structure assez complexe avec trois maxima d'absorption distincts dont le plus intense est le plus déplacé vers le violet. Leurs déplacements moyens correspondent respectivement à des vitesses radiales de — 3000 km/sec, — 2300 km/sec et — 1800 km/sec.

4° Tandis que dans le spectre de Nova Herculis les raies d'émission de O II et de N II avaient succédé à celles des métaux ionisés, on les observe toutes simultanément très brillantes dans celui de Nova Lacertæ.

La superposition de nombreuses raies est rendue encore plus fréquente par leur dédoublement. On identifie cependant avec certitude les éléments suivants :

H I visible de H_α à H_η, qui donne les raies les plus intenses du spectre, particulièrement H_α.

O II dont toutes les principales raies sont visibles, et caractérisé surtout par 4706, 4591, 4351-4349, 4153 et le groupe 4079-4076-4072-4069.

N II dont toutes les fortes raies sont présentes, et principalement 5005, 4631, 4602, 4447, 4241, 3995.

Ca II [H] et [K] sont assez intenses.

Na I la raie D est forte.

He I caractérisé par 4713, 4472, 4388, 4026.

Fe II avec toutes ses raies très intenses, et particulièrement 5018, 4924, 4584, 4508, 4233.

Fe I 3878, 3825, 3816, 3795, 3787, 3764.

Ti II très intense, avec principalement 4549, 4534, 4501, 3913, 3900, 3761-3759.

Sc II caractérisé par 4400, 4374, 4347, 4325, 4314.

Sr II 4215, 4077.

Si II 4131, 4128, 3856-3854.

Ba II 4934, 4554, 4131, 3892.

Y II 4884, 4310, 3774.

Il est probable que d'autres raies, moins intenses, appartiennent à

C I 5052, 5039, 4766, 4762.

O I 6456, 6046, 3947.

Par contre, on ne voit pas les trois raies interdites de [O I] 5577, 6300 et 6363, qui étaient apparues dans le spectre de Nova Herculis peu après le maximum.

ATOMISTIQUE. — *Sur une expression de la densité électrique moyenne d'un atome complexe*. Note de M. **Georges Allard**, présentée par M. Paul Langevin.

La théorie des valences dirigées de Slater et Pauling est basée sur l'emploi de fonctions d'onde monoélectroniques se présentant comme le produit d'une fonction de la distance par une combinaison linéaire convenable de fonctions sphériques. Malgré des simplifications qui auraient pu nuire à la rigueur, la théorie aboutit à des résultats remarquablement exacts puisqu'elle fournit, entre autres, la configuration tétraédrique du carbone et les configurations carrée et octaédrique des ions complexes platineux et platiniques. Comme ces résultats proviennent uniquement de l'emploi des fonctions sphériques, je me suis demandé s'il n'était pas possible de trouver quelque grandeur qui, pour un atome complexe, soit rigoureusement représentable par une combinaison linéaire de telles fonctions sphériques, ce qui permettrait d'espérer une généralisation de la théorie.

Considérons un atome, comportant n électrons, dont la fonction d'onde soit $\psi(x_1, x_2, \ldots, x_n)$, x_1 représentant à la fois les trois coordonnées d'espace et la coordonnée de spin d'un électron. Conformément au principe de Pauli, nous supposerons que ψ est antisymétrique; le produit $\psi^*\psi$ sera alors symétrique et nous pourrons écrire, pour la densité électronique totale au point x,

$$\rho = ne\int \psi^*\psi(x, x_2, \ldots, x_n)\, d\tau_2 \ldots d\tau_n.$$

Le signe $\int$ signifie l'intégration sur les coordonnées d'espace de tous les électrons sauf un et la sommation sur les coordonnées de spin de tous les électrons.

Si l'atome est dans un état correspondant à la représentation irréductible D_j du groupe des rotations, il existe $2j+1$ fonctions φ_i telles que, s représentant une rotation quelconque, on ait

$$s\varphi_i = \sum_m S_{lm}\varphi_m.$$

D'autre part

$$\psi = \sum_l a_l\varphi_l,$$

les a_i n'étant astreints qu'à la condition de normalisation $\sum_i a_i^* a_i = 1$.

On en déduit

$$\rho = ne \sum_{i,k} a_i^* a_k \int \varphi_i^* \varphi_k \, d\tau_2 \ldots d\tau_n.$$

Posant

$$\Phi_{ik} = \int \varphi_i^* \varphi_k \, d\tau_2 \ldots d\tau_n,$$

on vérifie facilement que

$$s\Phi_{ik} = \sum_{l,m} S_{il}^* S_{km} \Phi_{lm}.$$

Les fonctions Φ_{ik} sont en nombre $(2j+1)^2$; elles ne sont pas nécessairement indépendantes, mais il en existe certainement un nombre p qui le soient, et dont les autres sont des combinaisons linéaires. On peut aussi former, avec elles, p combinaisons linéairement indépendantes f_α constituant p fonctions orthogonales et normales. Nous écrirons

$$f_\alpha = \sum_{i,k} b_{\alpha ik} \Phi_{ik},$$

certains des coefficients $b_{\alpha ik}$ étant nuls. En résolvant ces p équations, on exprimera celles des fonctions Φ_{ik} qui sont indépendantes sous forme de combinaisons linéaires des f_α et par suite aussi toutes les autres.

$$\Phi_{ik} = \sum_{\alpha} c_{\alpha ik} f_\alpha.$$

On en tire, les $F_{\alpha\beta}$ étant des coefficients convenables,

$$s f_\alpha = \sum_{\beta} F_{\alpha\beta} f_\beta.$$

Les p fonctions orthogonales et normales f_α peuvent donc servir de base à une représentation à p dimensions du groupe des rotations, que l'on pourra décomposer en ses éléments irréductibles. Or, ces fonctions ne dépendent que des coordonnées d'un seul point, ce sont donc nécessairement des fonctions sphériques. Les f_α encadrant une représentation à p dimensions, on est assuré que les f_α, et par suite les Φ_{ik} et ρ sont développables sous forme d'une combinaison linéaire ayant un nombre *fini* de termes, de fonctions sphériques. Les coefficients dépendent naturellement de r et sont en quelque mesure arbitraires puisqu'ils dépendent des a_i.

PIÉZOÉLECTRICITÉ. — *Vibrations des lames de quartz taillées dans divers plans autour de l'axe optique du cristal.* Note (¹) de MM. **Ny Tsi-Zé** et **Shang Keng-Yi**, transmise par M. Charles Fabry.

Une lame de quartz piézoélectrique est taillée d'ordinaire à la Curie, perpendiculairement à un axe électrique. Dans la pratique, on utilise parfois des lames taillées perpendiculairement à la bissectrice des deux axes électriques qui présentent des vibrations de cisaillement. Les normales aux plans suivant lesquels on taille ces deux types de lames font un angle de 30°. A. de Gramont a étudié des lames taillées suivant divers plans autour de l'axe optique formant intermédiaires entre ces deux types, mais il n'a retenu que les oscillations qui sont excitées dans le cristal avec le minimum de tension. Il nous a paru intéressant d'en faire une étude systématique et de suivre les variations des régimes vibratoires en fonction de l'angle de la normale au plan de la taille avec l'axe électrique.

Pour cela nous avons préparé un certain nombre de lames correspondant à des inclinaisons de la normale au plan de la taille de 0, 5, 10, 15, 20, 25 et 30° par rapport à l'axe électrique. Pour chacun de ces angles nous avons constitué quatre séries de lames carrées de $19^{mm},5$ de côté, dont les épaisseurs étaient de $2^{mm},5$; $3^{mm},0$; $4^{mm},5$ et $5^{mm},0$.

Le circuit de Pierce était généralement utilisé dans nos expériences; mais un circuit faiblement régénératif était aussi utilisé pour étendre l'intervalle à l'intérieur duquel il est possible de mettre la lame en vibration.

Nos mesures sont résumées sur la figure par les cinq courbes dont les ordonnées représentent les moyennes des fréquences de quatre échantillons rapportées à une longueur de 1^{mm}.

Les courbes I-III mettent en évidence trois modes différents d'oscillation dans la direction de l'épaisseur qui ont été observés par A. de Gramont :

Le régime vibratoire de la taille Curie s'étend jusqu'à 20° avec une fréquence légèrement croissante.

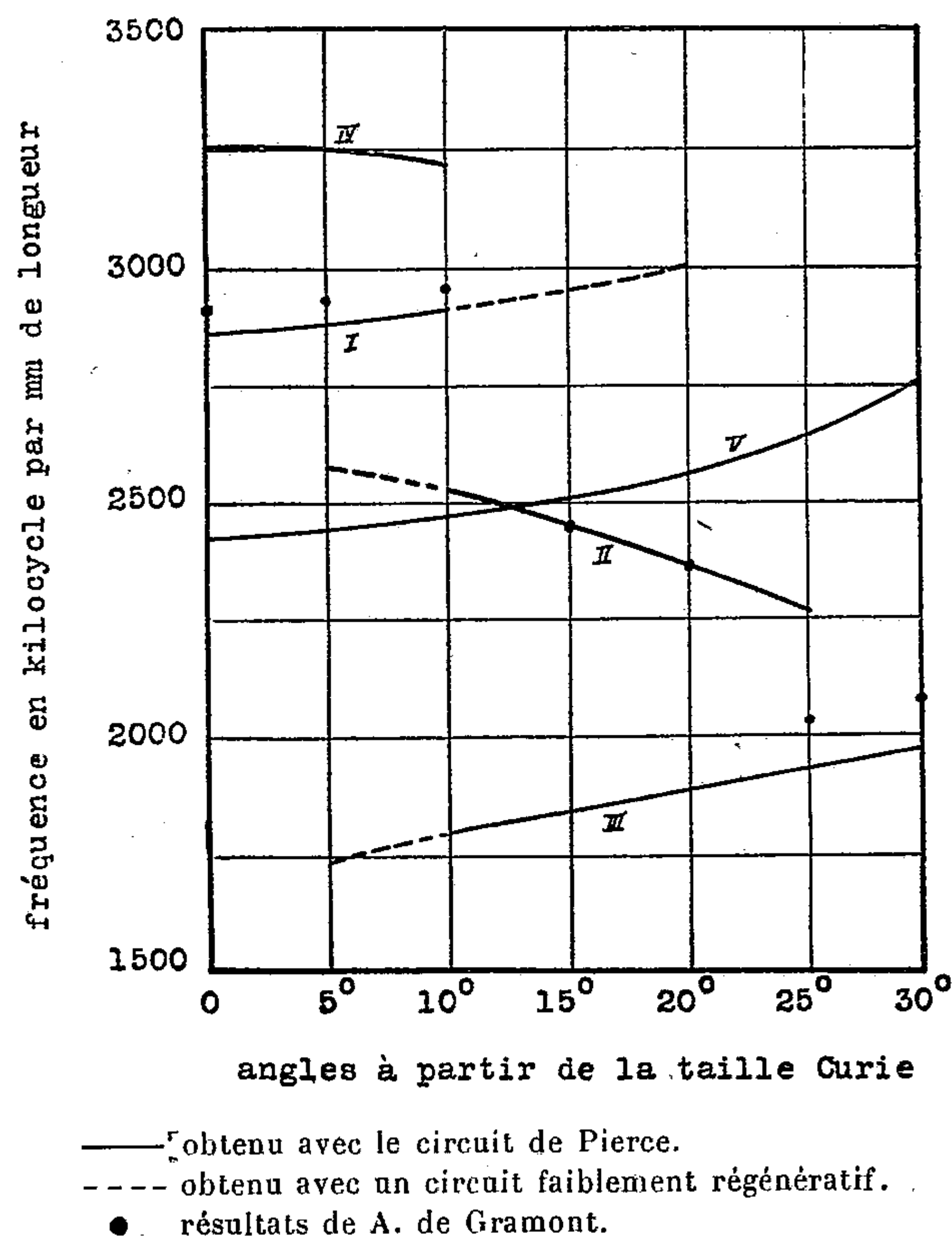
Entre 5° et 25° un régime intermédiaire s'établit : l'oscillation est très violente et peu stable. La fréquence fondamentale par millimètre varie de 2570 à 2260 kilocycles par seconde.

(¹) Séance du 22 mars 1937.

A partir de 5°, on commence à retrouver la vibration de cisaillement caractéristique de la coupe à 30° avec une fréquence croissante qui atteint la valeur admise 1960 kc/mm à 30°.

Les points de la figure I représentent les résultats expérimentaux de A. de Gramont ([2]), qui entrent assez bien dans nos courbes.

La courbe IV représente la vibration dans la direction de l'axe optique.



——— obtenu avec le circuit de Pierce.
- - - - obtenu avec un circuit faiblement régénératif.
● résultats de A. de Gramont.

Cette vibration dans le sens de la longueur de la lame peut être excitée jusqu'à 15° avec une fréquence sensiblement constante.

La courbe V représente la fréquence de vibration suivant la largeur. Lorsque cette direction tourne en même temps que le plan de la taille à partir de l'axe mécanique jusqu'à l'axe électrique, la fréquence de vibration croît légèrement de 2440 à 2760 kc/mm.

([2]) A. de Gramont, *Recherches sur le quartz piézoélectrique*, p. 73.

ONDES HERTZIENNES. — *Calcul de l'énergie émise par une antenne à l'aide de la théorie des quanta.* Note de M. **Théodore V. Ionescu**, présentée par M. Aimé Cotton.

On admet aujourd'hui que les radiations émises par les atomes et les molécules, ainsi que celles des corps incandescents, sont soumises aux lois de la théorie des quanta.

D'autre part H. Hertz, utilisant les équations de Maxwell, a calculé l'énergie rayonnée par une antenne, réduisant l'action de celle-ci à deux charges (+ et —), qui oscillent autour de leurs positions d'équilibre en constituant un *dipôle*.

Avec de très petits dipôles, E. F. Nichols et J. D. Tear (1), ainsi que d'autres chercheurs (2), ont produit des ondes électriques plus courtes que les plus longues ondes calorifiques connues.

En conséquence il existe un domaine de longueur d'ondé où les radiations peuvent être produites soit par le mécanisme classique, soit par celui des quanta.

Dans ce dernier cas on doit pouvoir calculer l'énergie émise par une antenne à l'aide de la constante d'action h de Planck.

Pour effectuer ce calcul nous admettons la structure corpusculaire de la radiation, nous admettons qu'à chaque oscillation une quantité d'énergie égale à $h\nu$ (ν étant la fréquence) est émise par un électron oscillant dans l'antenne; évidemment cette énergie doit être comprise dans l'espace d'une longueur d'onde.

Puisqu'il y a ν oscillations par seconde, l'énergie émise par un électron pendant l'unité de temps est égale à $h\nu^2$.

1. Prenons d'abord l'oscillateur de H. Hertz où la self (L) et la capacité (C) sont complètement séparées.

Nous supposons encore que la fréquence de la vibration émise est égale à la fréquence propre de l'oscillateur.

Dans ce cas on a

$$\frac{Q^2}{C} = \frac{1}{2}LI^2$$

(1) E. F. Nichols et J. V. Tear, *Phys. Rev.*, 21, 1923, p. 587.

(2) René Mesny, *Les ondes électriques courtes*, 1927; H. E. Hollmann, *Physik und Technik der ultrakurzen Wellen*, 1936.

(Q étant la charge portée par la moitié de l'oscillateur et I le courant maximum), et

$$\frac{LC}{2} = \frac{1}{4\pi^2\nu^2}$$

(L, C, Q et I sont exprimés en u. e. m.).

Si e est la charge de l'électron, exprimée aussi en u. e. m., le nombre total d'électrons qui prennent part à l'émission est $Q^2/e^2 = N^2$.

Supposant, d'une part, le courant tellement faible qu'il y a juste un électron sur la capacité chargée négativement et, d'autre part, le rapport L/C, tel que l'énergie $1/2\, e^2/C$ soit égale à $h\nu$, on a évidemment

$$N^2 = 1.$$

S'il y a N électrons sur la capacité, l'énergie sera

$$\frac{1}{2}\frac{N^2 e^2}{C} = \frac{1}{2}\frac{Q^2}{C} = N^2 h\nu$$

et, en conséquence, on aura pour l'énergie rayonnée par les deux moitiés de l'oscillateur, dans l'unité de temps

$$W = 2\frac{Q^2}{e^2}h\nu^2 = 2\frac{LCI^2}{2e^2}h\nu^2 = \frac{I^2 h}{2\pi^2 e^2}.$$

2. La résistance de radiation (R) de ce dipôle peut être calculée en unités pratiques à l'aide de la relation suivante :

$$W_{(\text{watts})} = \frac{I^2 h}{2\pi^2 e^2}.10^{-11} = R_{(\text{ohms})}\frac{I^2_{\text{amp}}}{2},$$

d'où

$$R = \frac{h}{\pi^2 e^2}.10^{-11} = 25{,}91 \text{ ohms}.$$

3. La résistance d'une antenne linéaire se calcule de la même façon, quelle que soit la fréquence de la radiation émise ou la fréquence propre du dipôle.

En tenant compte de la distribution des charges électriques sur cette antenne on a

$$W = \frac{1}{2}\frac{LCI^2}{e^2}h\nu^2 = \frac{I^2}{2}\left(\frac{l}{\lambda}\right)^2\frac{h}{e^2},$$

car

$$LC = l^2 \mathcal{L}\mathcal{C}$$

(λ étant la longueur d'onde de la radiation émise, l la longueur de l'antenne, $\mathcal{L}$ et $\mathcal{C}$ la self et la capacité par unité de longueur).

V étant la vitesse de propagation, on a

$$\frac{1}{\mathcal{L}\mathcal{C}} = V^2 = 3.10^{10}\,\text{cm/sec} \qquad \text{et} \qquad \frac{V^2}{\nu^2} = \lambda^2.$$

Si l'antenne vibre en demi-onde, on trouve, pour la résistance de radiation,

$$R = \frac{1}{4}\,\frac{h}{e^2}\cdot 10^{-11} = 63,87\ \text{ohms},$$

tandis que le calcul classique donne 73 ohms (Max Abraham).

On remarque que les formules nous permettant de calculer R sont indépendantes de C et L. Elles sont donc valables pour n'importe quelle valeur du rapport L/C de l'oscillateur.

INFRAROUGE. — *Les deux bandes infrarouges* (OH) *des alcools et polyalcools; associations moléculaires.* Note de M. **René Freymann**, présentée par M. Aimé Cotton.

On a coutume de désigner par *bande* (OH) une bande d'absorption infrarouge (ou une raie Raman) des alcools, acides, oximes, etc., dont la fréquence fondamentale serait voisine de 3^μ. Utilisant les résultats de divers auteurs (1) et les nôtres [(2)-(3)], nous nous proposons de montrer qu'il existe en réalité *au moins deux bandes* (OH).

En accord avec les prévisions de Barchewitz et les observations d'Errera et Mollet, on note une première bande dont le fondamental se trouve vers 3600 cm^{-1}; cette bande et ses harmoniques, très intenses et fines à

(1) P. Barchewitz, *Comptes rendus*, 203, 1936, p. 1244; R. B. Barnes, L. Bonner et E. U. Condon, *J. Chem. Phys.*, 4, 1936, p. 772; J. Errera et M. Bloch, *Journ. Phys.*, 6, 1935, p. 154; J. Errera et P. Mollet, *Journ. Phys.*, 6, 1935, p. 281; *Comptes rendus*, 204, 1937, p. 259; J. Lecomte, *Comptes rendus*, 180, 1925, p. 825; M. Magat, *Thèse*, Paris, 1936; A. Naherniac, *Ann. Phys.*, 7, 1937, p. 528; B. Stansfeld, *Zts. für Phys.*, 74, 1932, p. 466.

(2) R. Freymann, *Ann. Phys.*, 20, 1933, p. 243; *Comptes rendus*, 204, 1937, p. 41.

(3) M. Freymann et R. Freymann, *Bull. Soc. Chim.*, avril 1937 (sous presse).

l'état de *vapeur*, sont à peine visibles pour l'état liquide, à la température ordinaire; leur intensité augmente par élévation de la température ou par dilution dans CCl^4 (2). Nous avons indiqué que ce phénomène est lié à l'existence d'associations moléculaires, dues à la formation de liaisons hydrogène (3). Une deuxième bande fondamentale se trouve vers 3400 cm^{-1}; cette bande et ses harmoniques, très larges, sont intenses à la température ordinaire; elles doivent être particulièrement marquées pour l'état *solide* et disparaître pour l'état de vapeur ou par dilution. Le tableau ci-dessous indique les positions approximatives des deux bandes et leurs harmoniques, que nous désignerons par $(OH)_v$ et $(OH)_s$ pour rappeler le double aspect de l'état liquide : molécules libres comme dans la vapeur, molécules contraintes comme dans le solide.

		1.	2.	3.	4.
$(OH)_v$	λ (en μ)	2,75	1,409	0,9631	0,7420
	ν (en cm^{-1})	3634	7097	10383	13477

(d'après Barchewitz).

		1.	2.	3.	—
$(OH)_s$	λ	2,98	1,6	1,04	-
	ν	3356	6250	9615	-

(positions approximatives; bandes larges).

Nous pensons que l'interprétation précédente se justifie par les faits suivants :

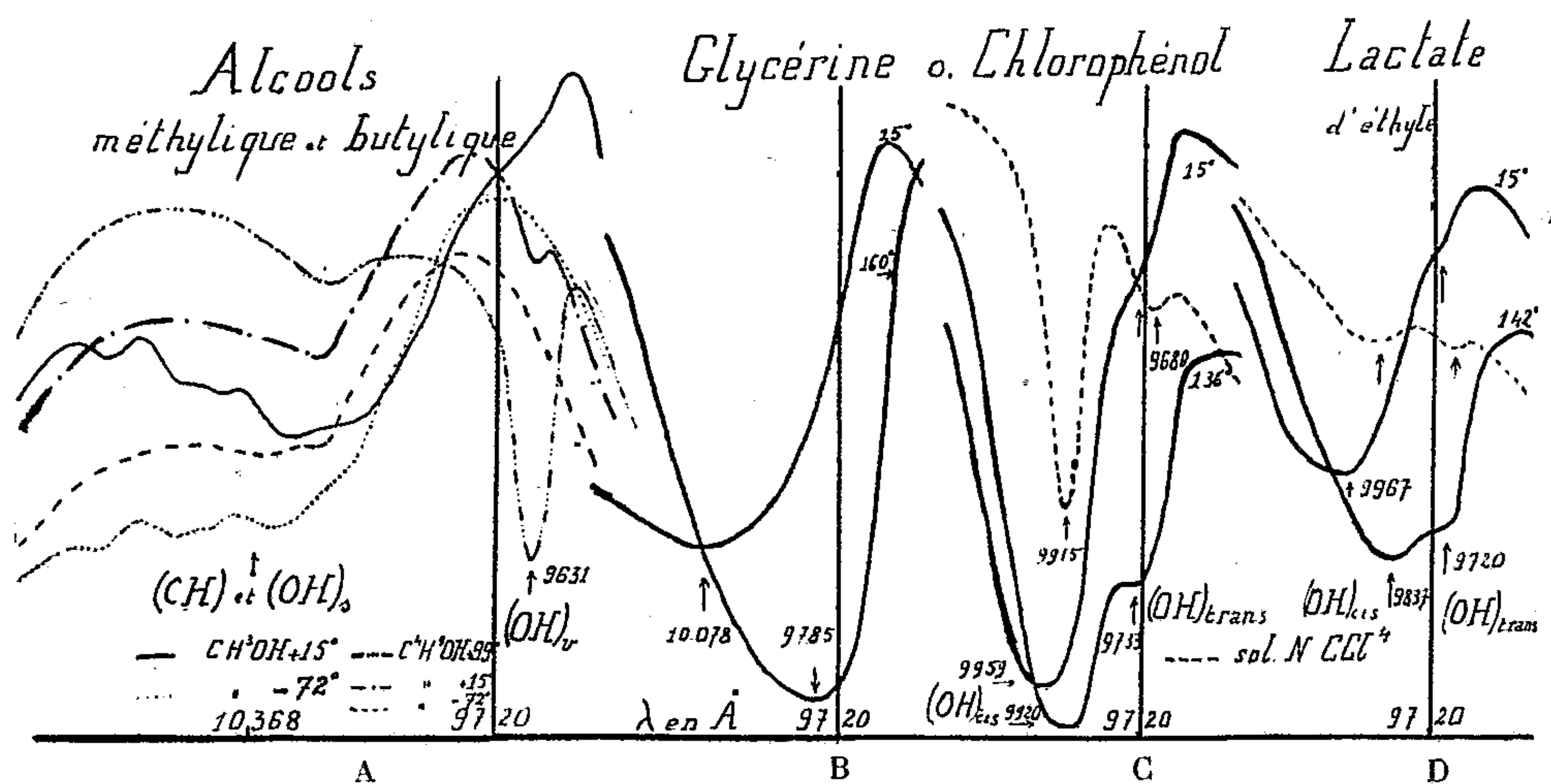
1° En ce qui concerne les fondamentaux, Errera et Mollet ont montré pour l'alcool éthylique, à l'état de vapeur, la disparition de $2^{\mu},98$ et l'apparition de $2^{\mu},73$.

2° Pour les harmoniques 2, Stansfeld a observé une bande vers $1^{\mu},6$ pour l'état liquide, $1^{\mu},45$ pour la vapeur. En outre, Errera et Bloch signalent que l'intensité de la bande de $1^{\mu},6$, $2\nu_s$ selon notre interprétation, diminue d'intensité par élévation de température ou par dilution; cette bande se comporte donc autrement que la bande $3\nu_v$ à $0^{\mu},9631$ (2).

3° En effet, comme le rappelle la figure en A, cet harmonique n'apparaît nettement pour les alcools, oximes, etc., que par dilution ou élévation de la température. L'harmonique $3\nu_s$ est difficilement observable par suite de la superposition de bandes (CH); néanmoins, la figure montre en A une augmentation de l'absorption générale vers $1^{\mu},04$ quand la température s'abaisse.

Pour plusieurs glycols et la glycérine, substances très associées, nous n'observons pas, à 15° C., la bande $3\nu_v$ mais une large bande, vers 1^{μ}, que nous attribuons à $3\nu_s$; lorsque la température s'élève, à 160° C., cette bande se déplace vers $0^{\mu},97$; à l'état de vapeur, Naherniac a observé $3\nu_v$ vers $0^{\mu},95$. Ajoutons que les bandes de l'eau présentent vraisemblablement la même dualité que les bandes des alcools (MAGAT, *op. cit.*, p. 43).

Pour interpréter la présence de la bande (OH) dans les alcools, nous ne pensons pas que l'on puisse invoquer une oscillation O...H...O (4) : cette bande et ses harmoniques sont, en effet, absentes dans l'aldéhyde salicylique ou l'acétylacétone (2, 4, 10), substances présentant des liaisons hydrogène ; nous avons montré, par contre, que la disparition de $(OH)_v$ coïncide avec l'apparition de la liaison hydrogène. Bien que l'on puisse noter des différences importantes, on peut peut-être rapprocher l'existence



des bandes $(OH)_v$ et $(OH)_s$ de la présence de deux bandes (OH) pour l'*o*-chlorophénol, formes *cis* et *trans*, d'après Pauling. Signalons à ce sujet, que : 1° nous avons retrouvé l'existence de ces deux bandes dans les tartrate et lactate d'éthyle (*fig.* D) ; 2° l'intensité de l'une de ces bandes (*trans*) augmente beaucoup quand la température s'élève, alors que l'autre (*cis*) augmente peu ; 3° dans divers tartrates, nous avons noté, pour l'état solide, une bande unique très large vers $1^{\mu},02$. Dans un ordre d'idées différent, indiquons que certaines anomalies du pouvoir rotatoire des tartrates pourraient peut-être s'expliquer par la coexistence des deux formes mises en évidence par l'infrarouge.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Relations entre les différentes solutions solides formées par le sulfure ferreux.* Note ([1]) de M. **André Michel**, présentée par M. Georges Urbain.

Nous avons montré ([2]) que le soufre, le séléninm et l'arsenic peuvent entrer en solution solide dans le sulfure ferreux (solutions solides du type Pyrrhotine) et qu'un certain nombre de métaux ne faisaient qu'exalter les propriétés du sulfure pur, tout en conservant ses caractères essentiels (solutions solides du type FeS). Nous avions expliqué la diversité d'action de ces deux groupes d'éléments en mettant en évidence la différence de leurs rayons ioniques.

Dans cette Note, nous développons nos résultats par l'étude des solutions solides avec d'autres métalloïdes et métaux. D'une part nous avons pu obtenir de nouvelles pyrrhotines non seulement avec le tellure, mais encore avec des métaux : le titane et le tungstène. L'action du tellure nous a permis de confirmer l'existence, au voisinage de FeS, d'un domaine étroit où s'observent des solutions solides FeS-métalloïde du type FeS. La discontinuité à la suite de laquelle apparaissent les pyrrhotines a lieu en effet, dans ce cas, pour des teneurs voisines de 1 pour 100, soit FeS + 1 pour 100 Te.

D'autre part des solutions solides du type FeS ont été observées avec un grand nombre de métaux. Ce sont, par numéro atomique croissant : Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, Ag, Cd, Sb, Pb, Bi. Tous ces métaux exaltent le ferromagnétisme du sulfure de fer, abaissent son point de Curie et augmentent légèrement son volume cristallin. Bien d'autres éléments ont été mis en présence du sulfure de fer dans les conditions ordinaires de mise en solution solide (recuit de 12 heures sous vide à 600°) et n'ont apporté aucune modification aux propriétés de ce composé. Ce sont Mg, Al, Si, Ca, Cr, Zr, Sn, Au, Hg.

Le tableau suivant résume l'ensemble de notre travail.

([1]) Séance du 15 mars 1937.

([2]) A. Michel, *Comptes rendus*, 203, 1936, p. 1004.

I. — *Métalloïdes.*

Nature de l'addition.	Teneur de la limite de la zone Fe S.	Teneur de l'élément d'addition.	Formule en atomes.	Température du point de transformation.	Propriétés de la solution solide limite du type pyrrhotine. Paramètres en Å ([3]). État recuit. *a.*	*c.*	État trempé. *a.*	*c.*
	%	%		°				
S......	0,01	6	$6FeS + S$	320	3,41	5,67	3,45	5,65
Se.....	0,1	13	$6FeS + Se$	250	3,42	5,66	3,45	5,64
As.....	0,01	5	$18FeS + As$	280	3,44	5,68	3,46	5,64
Te.....	1 env.	24	$6FeS + Te$	260	3,44	5,69	–	–
Ti.....	–	9	$6FeS + Ti$	290	3,44	5,70	–	–
W.....	–	35	$6FeS + W$	280	3,43	5,68	–	–

II. — *Métaux.*

Nature de l'addition.	Teneur en % de l'élément d'addition.	Formules en atomes.	Propriétés de la solution solide limite (type FeS). Température du point de Curie.	Paramètres en Å. *a.*	*c.*
			°		
Mn.........	11	$6FeS + Mn$	530	3,48	5,83
Fe.........	11	$6FeS + Fe$	540	3,46	5,83
Co.........	12	$6FeS + Co$	540	3,46	5,81
Ni.........	12	$6FeS + Ni$	550	3,46	5,80
Cu.........	12	$6FeS + Cu$	565	3,45	5,81
Zn.........	12	$6FeS + Zn$	560	3,45	5,83
Ag.........	42	$3FeS + Ag$	575	3,45	5,77
Cd.........	22	$6FeS + Cd$	580	3,46	5,78
Sb.........	8	$18FeS + Sb$	550	3,45	5,78
Pb.........	40	$6FeS + Pb$	580	3,45	5,81
Bi..........	13	$18FeS + Bi$	580	3,45	5,78

Il faut souligner la composition particulière que présente la solution solide limite pour les différents éléments : pour les divalents (S, Se, Te, W, Ti-Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, Cd, Pb) la limite est $6FeS + X$. Pour l'argent monovalent on observe $3FeS + Ag$; enfin, pour les trivalents (As, Sb, Bi), la solubilité est moindre, $18FeS + X$.

Quel que soit le type de solution solide, quel que soit l'élément d'addition, quel que soit le traitement thermique (pyrrhotines trempées ou recuites), le type cristallin reste inchangé. Les diagrammes X révèlent

([3]) Rectification à la Note précédente (*Comptes rendus*, 203, 1936, p. 1004).

simplement de petites différences (variation dans l'aspect et l'intensité de quelques raies) entre les états ferromagnétique et paramagnétique des pyrrhotines et semblent montrer que les pyrrhotines paramagnétiques sont identiques à FeS. On est conduit à admettre que l'arrangement des atomes de fer est sensiblement fixe et, de plus, que les atomes métalliques qui s'insèrent dans le réseau viennent se placer dans les plans déjà existants, puisque aucune raie nouvelle n'apparaît dans le diagramme des diverses solutions solides.

Le réseau électronégatif du soufre, que le diagramme Debye-Sherrer ne peut mettre en évidence, doit présenter dans le cas des pyrrhotines, deux arrangements très différents : l'un correspond aux pyrrhotines trempées (arrangement de type FeS), l'autre caractérise l'état ferromagnétique. Le passage d'un arrangement à l'autre se traduit, lors de la transformation allotropique, par une anomalie dilatométrique extrêmement nette.

Il semble, comme le fait penser l'étude des systèmes Cr-Te, Fe-Sb, que cette aptitude remarquable à former des solutions solides étendues est propre au type cristallin B8 [1], auquel appartient le sulfure de fer.

PHYSICOCHIMIE. — *État colloïdal provoqué par divers échantillons de zinc agissant sur quelques eaux naturelles.* Note de M. **Louis Bouchet**, présentée par M. Aimé Cotton.

J'ai étudié l'action de solutions aqueuses d'acides forts sur plusieurs échantillons de zinc. Ce sont ces échantillons et plus particulièrement le zinc extra-pur américain et celui de la Vieille-Montagne qui ont servi à l'obtention de l'état colloïdal. Parmi les eaux examinées, celle qui a fourni les résultats les plus frappants a été recueillie dans la petite ville de Saint-Amant-Tallende (Puy-de-Dôme). Pour obtenir l'hydrosol, il suffit de prélever de cette eau dans un verre d'une contenance de 200^{cm^3} environ et d'y plonger quelques grammes de zinc. Après une huitaine de jours on voit apparaître une très belle teinte bleue. Cette teinte s'évanouit après retrait du zinc, mais elle met plus de huit jours à disparaître. Un ultramicroscope de Siedentop ne révélait rien dans l'eau qui n'avait pas encore été en contact avec le zinc, tandis que, dans cette même eau dans laquelle on a immergé le métal, soit lorsque l'eau était bleutée, soit après la disparition de la coloration, j'ai pu observer un très beau mouvement brownien.

---

(1) Erwald et Hermann, *Strukturbericht*, p. 84.

CHIMIE PHYSIQUE. — *La dureté du chrome électrolytique*. Note [1] de M. **Michel Cymboliste**, présentée par M. Léon Guillet.

La grande dureté du chrome électrolytique et sa variation en fonction des conditions de l'électrolyse ont été signalées par divers auteurs [2], mais il est difficile de tirer des conclusions générales de ces publications en raison de la non-comparabilité des modes de détermination et des échelles de dureté.

J'ai fait une étude systématique de l'influence, sur la dureté du chrome, des facteurs essentiels intervenant dans l'électrolyse des bains à base d'acide chromique, et j'ai constaté que la dureté du chrome électrolytique pouvait varier dans des limites très larges que j'ai précisées.

J'ai utilisé des cuves d'un volume supérieur à 100 litres, afin de pouvoir négliger les variations de la composition chimique du bain pendant l'électrolyse; les températures ont été maintenues constantes à un demi-degré près (en plus ou en moins). Les essais de dureté ont été effectués, soit par mesure de la diagonale de l'empreinte laissée par une pyramide de diamant de 132° d'angle, terminée en pointe, sous des charges de 10 et 30^{kg} [3], soit par mesure de la pénétration d'un cône de diamant de 120° terminé par un rayon de $0^{mm},2$, utilisé sous des charges de 10, 20, 30 et 40^{kg} [4]; les résultats obtenus ont été exprimés dans la même unité, le nombre de dureté Brinell H. Dans chaque cas, les mesures ont été faites sur des couches de chrome d'épaisseur supérieure à $0^{mm},5$ afin d'éviter l'influence du métal de base.

J'ai constaté que la présence dans les bains de chromage à base de CrO^3, d'anions tels que SO^{4-}, Cl^-, Br^-, Fl^-, abaisse la dureté du chrome obtenu et que la présence de cations tels que Na, K, Al, Zn, Cd, Fe, Ni, Co, Cu, Cr, l'augmente, et cela d'autant plus nettement que leur concentration est plus élevée.

Mais la concentration du bain en acide chromique et les conditions

---

(1) Séance du 15 mars 1937.

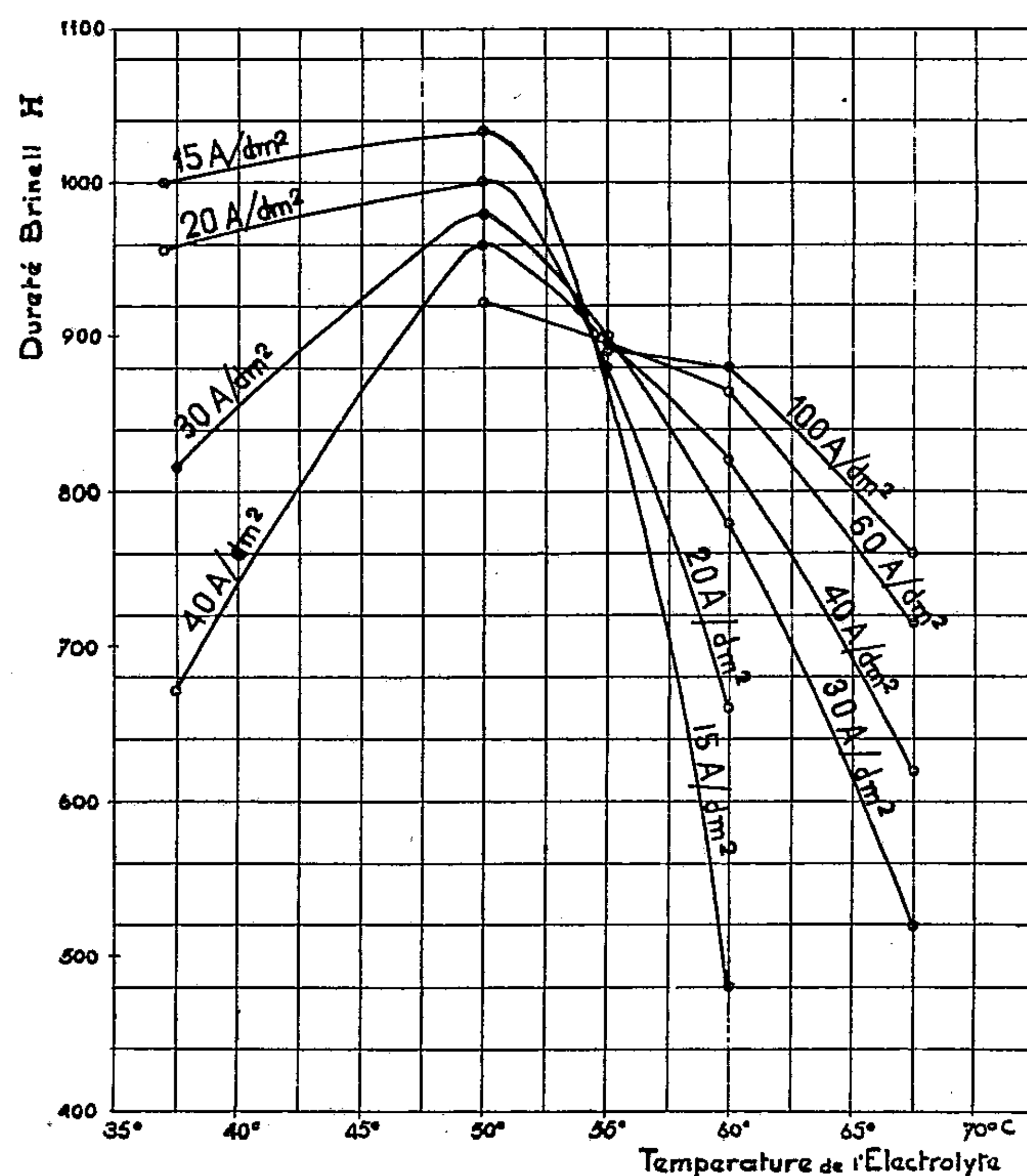
(2) Richard Schneidewind, *Trans. of the American Soc. for Steel Treating*, 19, n° 6, 1931, p. 115-132; W. Birett, *Zeits. für Elektrochem.*, 38, 1932, p. 793.

(3) Machine Vickers.

(4) Machine Eugène.

d'électrolyse (densité de courant et température), agissent sur la dureté d'une façon beaucoup plus considérable.

Influence de la concentration en acide chromique. — Pour un rapport Cr^{VI}/SO^{4-} constant, l'augmentation de la teneur en acide chromique diminue la dureté du dépôt de chrome obtenu, sous toutes les températures et densités de courant utilisées.



Variation de la dureté du chrome électrolytique exprimée en nombre de dureté Brinell H en fonction de la densité de courant (Ampères/dm²) et de la température de l'électrolyte.

Influence de la densité de courant. — L'augmentation de la densité de courant, pour la concentration $CrO^3 = 300$ g/l. et le rapport $Cr^{VI}/SO^{4-} = 50$, diminue la dureté des dépôts de chrome réalisés à des températures inférieures à 55°C.; inversement elle l'augmente aux températures supérieures à 55°C. Lorsque la température du bain est fixée à 55°C., la variation de la dureté en fonction de la densité de courant est minime; ce dernier point est très remarquable; de très nombreux essais ont confirmé son exactitude.

Influence de la température. — Lorsqu'on élève la température du bain, la dureté du dépôt augmente, passe par un maximum, puis diminue.

Pour toutes les densités de courant utilisées, le maximum de dureté paraît être atteint au voisinage de 50°C.

Au-dessus de 50°C., l'influence de la température est d'autant plus sensible que la densité de courant utilisée est moins élevée.

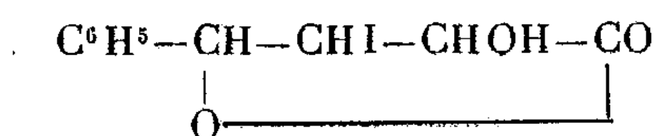
En combinant les effets de la densité de courant, de la température, de la concentration en CrO^3 ainsi que des ions précités, j'ai pu obtenir à volonté des dépôts de chrome dont la dureté varie dans de larges limites, savoir H 1200 et H 400. Ce dernier nombre, tout en restant assez éloigné de la dureté du chrome recuit (H 130), l'est toutefois beaucoup moins que les travaux antérieurs ne le laissaient supposer.

La figure représente ces variations.

Je poursuis mes recherches en essayant d'établir un rapport entre les constatations ci-dessus et quelques autres facteurs du dépôt, en particulier la structure.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Influence du remplacement d'un atome d'hydrogène en β par un groupe* CH^3 *dans l'acide phényl-α-oxycrotonique.* Note de M. **Maurice Girard**, présentée par M. Auguste Béhal.

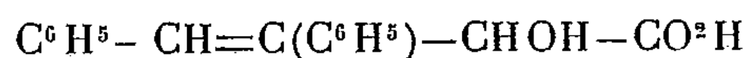
A. L'acide phényl-α-oxycrotonique $C^6H^5—CH{=}CH—CHOH—CO^2H$ présente un certain nombre de réactions faciles à réaliser et très caractéristiques ([1]). En particulier, il s'isomérise en acide benzylpyruvique $C^6H^5—CH^2—CH^2—CO—CO^2H$, sous l'influence des alcalis; en acide benzoylpropionique $C^6H^5—CO—CH^2—CH^2—CO^2H$, sous l'influence des acides minéraux énergiques; en acide phényl-γ-oxycrotonique $C^6H^5—CHOH—CH{=}CH—CO^2H$, sous l'influence des acides d'acidité moyenne (acide oxalique). Il est oxydé par l'iode et le carbonate de soude en acide benzalpyruvique $C^6H^5—CH{=}CH—CO—CO^2H$ et transformé par l'iode et un bicarbonate alcalin en lactone iodée



B. Ces réactions paraissent caractéristiques de l'ensemble du groupement —CH=CH—CHOH— et le remplacement de l'hydrogène, lié au carbone en β par un groupe hydrocarboné, semblerait ne pas devoir le

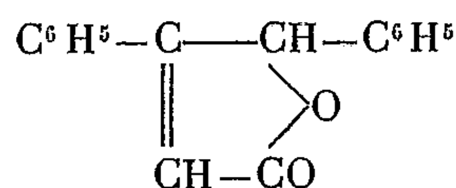
([1]) J. Bougault, *Bull. Soc. Chim.*, 23, 1918, p. 20.

modifier. Cependant il n'en est pas ainsi. M. J. Bougault a constaté [1] que l'introduction d'un groupe phényle en β réduisait la réactivité de la molécule. Ainsi l'acide phényl-α-oxycrotonique-β-phénylé



$$C^6H^5-CH{=}C(C^6H^5)-CHOH-CO^2H$$

ne donne pas d'acides α et γ cétoniques, ni d'acide γ hydroxylé. Sous l'action des alcalis, il se décompose lentement en dibenzyle et acide oxalique; sous l'action des acides minéraux énergiques, il se transforme en diphénylcrotolactone stable



Les acides d'acidité moyenne agissent dans le même sens, mais beaucoup plus lentement; l'iode et le carbonate de soude ne l'oxydent pas; l'iode et un bicarbonate alcalin ne le transforment pas en lactone iodée.

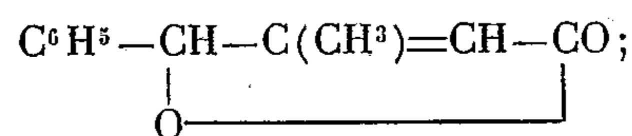
C. Nous nous sommes demandé si le remplacement de l'H en β par un groupe autre que le C^6H^5 aurait une influence semblable. Nous avons choisi le groupe méthyle et nous avons travaillé avec l'acide phényl-α-oxycrotonique β méthylé $C^6H^5-CH{=}C(CH^3)-CHOH-CO^2H$.

D. Cet acide est préparé à partir de l'aldéhyde α méthylcinnamique $C^6H^5-CH{=}C(CH^3)CHO$ qui est transformé en nitrile alcool, puis en amide alcool (P. F. = 161°) puis en acide (P. F. = 132°).

E. L'acide β méthylé ainsi obtenu se comporte, vis-à-vis des réactifs déjà mentionnés, de la façon suivante :

1° il n'est pas modifié sous l'action des alcalis quelles que soient la concentration d'alcali employé et la durée d'ébullition ;

2° il est transformé sous l'action des acides minéraux énergiques en phénylcrotolactone β méthylée

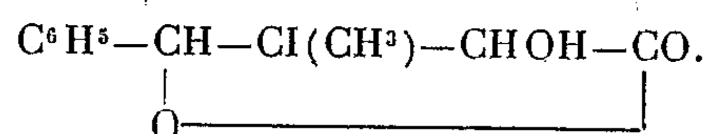


3° il donne une petite quantité de phénylcrotolactone β méthylée sous l'action des acides d'acidité moyenne;

4° il ne réagit pas sous l'action de l'iode et du carbonate de soude;

5° il donne sous l'action de l'iode et d'un bicarbonate alcalin la lactone

iodée attendue (P. F. = 80°)

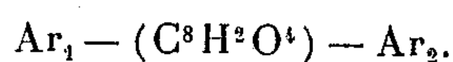


Conclusions. — 1° Les réactions de l'acide phényl-α-oxycrotonique sont sous la dépendance de l'atome d'H lié au carbone voisin de la fonction réactionnelle (fonction alcool). Le remplacement de cet atome d'H par un groupe C^6H^5, ou un groupe CH^3, fait disparaître les propriétés les plus caractéristiques du groupement fonctionnel CH = CH — CHOH.

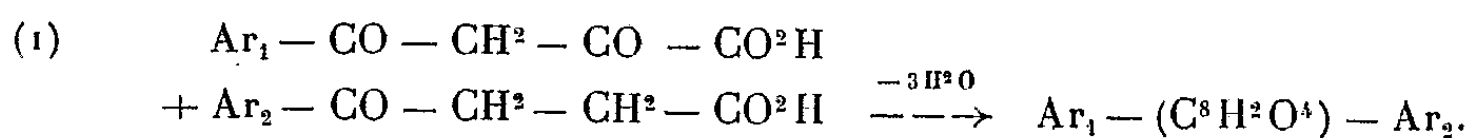
2° L'acide β-méthylé, vis-à-vis des réactifs étudiés, ne réagit cependant pas comme l'acide β-phénylé. Ainsi seul il donne une lactone iodée. On voit donc une fois de plus, qu'à une modification peu importante dans un schéma de constitution, peuvent correspondre des variations profondes dans les propriétés chimiques du corps considéré.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Recherches sur les colorants de Pechmann. Synthèse de quelques colorants à substituants dissemblables*. Note de M. **Paul Chovin**, présentée par M. Marcel Delépine.

J'ai indiqué [1] le principe d'une synthèse des colorants de Pechmann, permettant l'obtention de produits de formule générale



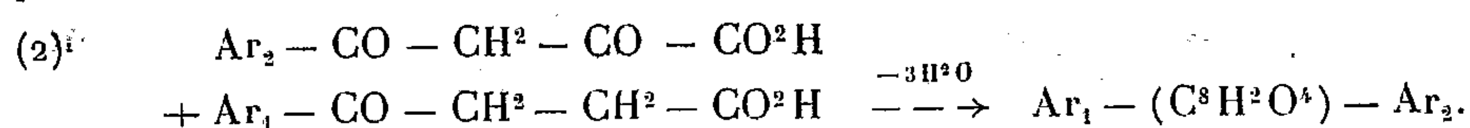
Dans cette formule les deux aryles Ar_1 — et Ar_2 — peuvent être différents et l'ensemble —$(C^8H^2O^4)$— représente le chromophore dont la structure est encore incertaine. La réaction consiste à condenser un acide aroylpyruvique sur un acide aroylpropionique, selon le schéma suivant :



J'ai montré, dans le cas de l'homologue monométhylé du colorant de Pechmann, que le même colorant pouvait se former de deux manières différentes : soit par la réaction (1), soit par une réaction analogue (2) après

[1] P. Chovin, *Comptes rendus*, 204, 1937, p. 360.

permutation des groupes aryles des acides de départ :



$$(2)\quad \begin{array}{l} Ar_2 - CO - CH^2 - CO - CO^2H \\ + Ar_1 - CO - CH^2 - CH^2 - CO^2H \xrightarrow{-3H^2O} Ar_1 - (C^8H^2O^4) - Ar_2. \end{array}$$

Il m'a paru nécessaire de ne pas m'en tenir à la synthèse d'un seul colorant à substituants dissemblables, en raison de l'intérêt théorique que présente l'identité ou la non identité des produits formés. En effet l'absence d'isomérie par permutation des substituants ne permet pas de choisir, pour le chromophore, parmi les diverses structures possédant une symétrie. Tout au plus entraîne-t-elle l'exclusion de celles qui en sont totalement dépourvues. Au contraire, une isomérie, indiscutablement constatée, réduirait à deux seulement le nombre des hypothèses actuellement envisagées pour la constitution. Il est donc indiqué de contrôler sur plusieurs exemples le résultat de la première synthèse.

A cet effet, j'ai préparé cinq colorants nouveaux à substituants dissemblables, chaque colorant étant obtenu par application de chacune des deux réactions (1) et (2). Le résultat expérimental est le suivant : dans les cinq cas examinés, les colorants formés soit d'après (1), soit d'après (2), sont identiques. On peut donc généraliser et dire : les substituants arylés du chromophore que l'on veut introduire dans la molécule d'un colorant de Pechmann peuvent être portés indifféremment soit par l'acide aroylpyruvique, soit par l'acide aroylpropionique qui servent à la synthèse.

Les matières premières que j'ai utilisées pour ce travail ont été les acides aroylpyruviques et aroylpropioniques porteurs des radicaux benzoyle, *p*-bromobenzoyle, *p*-toluyle et β-naphtoyle. Le tableau ci-dessous montre le choix des réactifs ainsi que les points de fusion des produits obtenus et leurs formules brutes.

Groupes aroyles des acides de départ.			
Aroylpyruvique.	Aroylpropionique.	P. F.	Formules des colorants.
benzoyle	β-naphtoyle	296	$C^6H^5 - (C^8H^2O^4) - C^{10}H^7$
β-naphtoyle	benzoyle	297	
benzoyle	*p*-bromobenzoyle	345	$C^6H^5 - (C^8H^2O^4) - C^6H^4 - Br$
p-bromobenzoyle	benzoyle	347	
p-toluyle	β-naphtoyle	316	$CH^3 - C^6H^4 - (C^8H^2O^4) - C^{10}H^7$
β-naphtoyle	*p*-toluyle	316	
β-naphtoyle	*p*-bromobenzoyle	377	$C^{10}H^7 - (C^8H^2O^4) - C^6H^4 - Br$
p-bromobenzoyle	β-naphtoyle	377	
p-toluyle	*p*-bromobenzoyle	397	$CH^3 - C^6H^4 - (C^8H^2O^4) - C^6H^4 - Br$
p-bromobenzoyle	*p*-toluyle	396	

L'identification n'a pas été basée uniquement sur la comparaison des points de fusion, mais, pour quelques-uns, elle a été confirmée par l'examen des spectres d'absorption qui sont *exactement superposables*. Les propriétés de ces produits s'écartent relativement peu de celles du colorant de Pechmann ordinaire. D'une manière générale ils sont tous bien cristallisés et subliment inaltérés. La couleur des cristaux et des solutions va du rouge au violet. Les bandes d'absorption, dans le visible d'un colorant déterminé s'intercalent entre celles des deux colorants symétriques correspondants. Il n'en est pas de même pour les points de fusion, pour lesquels il ne se dégage aucune règle.

Les acides cités plus haut m'ont permis de préparer encore, par le procédé que j'ai décrit, trois colorants à substituants semblables, parmi lesquels deux étaient déjà connus. Le premier a été préparé par Kozniewski et Marchlewski par déshydratation de l'acide *p*-toluylacrylique; le second, par Bogert et Ritter, à partir de l'acide β-naphtoylacrylique. Quant au troisième, non encore décrit, qui est par rapport au colorant de Pechmann ordinaire un produit de substitution dibromé, ses propriétés en diffèrent notablement : son point de fusion est beaucoup plus élevé (432° au lieu de 317°) et sa solubilité dans les divers solvants bien plus faible.

Groupes aroyles des acides de départ			
aroylpyruvique.	aroylpropionique.	P. F.	Formules des colorants.
p-toluyle	*p*-toluyle	357	$CH^3-C^6H^4-(C^8H^2O^4)-C^6H^4-CH^3$
β-naphtoyle	β-naphtoyle	361	$C^{10}H^7-(C^8H^2O^4)-C^{10}H^7$
p-bromobenzoyle	*p*-bromobenzoyle	432	$Br-C^6H^4-(C^8H^2O^4)-C^6H^4-Br$

MINÉRALOGIE APPLIQUÉE. — *Sur la prospection géochimique différentielle des gîtes minéraux.* Note [1] de M. **Vsévolad de Goloubinoff**, transmise par M. Louis de Launay.

Les travaux de Clarke en Amérique et de Goldschmidt, Hevesy, Vogt, Vernadsky etc. en Europe ont rendu familière la notion de la fréquence moyenne, ou *clark* des éléments chimiques dans l'écorce terrestre et de la constante assez grande de cette valeur pour différentes aires continentales fort éloignées, à la condition toutefois que les aires en question soient

[1] Séance du 31 mars 1937.

prises suffisamment étendues. On trouve ainsi, pour le clark de l'étain, 0,002 pour 100 et, pour celui de l'or, $0^g,10$ par tonne de roche.

La corrélation connue des magmas ignés avec les formations métallifères nous a conduit à considérer les roches ignées comme la scorie magmatique de gîtes minéraux voisins. Cette scorie apparaît alors comme nécessairement appauvrie dans les environs du gîte; mais, toutefois, dans son ensemble, la teneur moyenne en l'élément métallique considéré doit être plus élevée pour la roche en relation avec le gîte que la teneur chimique du même élément d'une autre formation ignée non susceptible de donner une concentration métallifère de cet élément.

Depuis plusieurs années nous étudions sur le terrain, dans diverses régions, deux cas particuliers de la proposition énoncée plus haut, ceux de l'or et de l'étain. Dans une région déterminée, où il existe des gîtes d'or ou d'étain, nous constatons, en effet, que la roche mère d'un tel gisement présente une teneur sensiblement supérieure à celle des roches voisines, parfois contemporaines du gîte métallique.

Pour mener à bien de semblables études, il a d'abord fallu mettre au point des méthodes de dosage particulièrement sensibles. Nous avons ainsi trouvé, par exemple, que l'aplite connexe des gîtes d'étain de Pérak (Malaisie) contient 0,250 pour 100 d'étain, tandis que le granite à amphibole voisin en renferme seulement 0,005 et la syénite 0,001. De même la granulite du Laos contient 0,050 d'étain et la pegmatite du Haut Tonkin 0,010; soit, dans le premier exemple, 125 fois le clark, 25 fois dans le second, 5 fois dans le troisième.

Pour l'or nous avons également trouvé, pour certaines roches de régions aurifères, un clark très supérieur à la moyenne : 8 fois pour une micronorite du Haut Tonkin, 25 fois pour une pegmatite de l'Annam, 10 fois pour une diabase du Congo belge et une norite de la Guinée française; mais, dans ces cas, les gîtes exploitables que l'on peut prévoir n'ont pas encore été reconnus.

Notre conclusion, c'est qu'en étudiant par des méthodes spécialement sensibles les teneurs en or et en étain de roches éruptives d'une région nouvelle et en les comparant à la teneur moyenne, on peut prévoir si le pays a chance de recéler des gîtes payants et être ainsi dirigé dans ses recherches.

Il est important au point de vue théorique de souligner qu'il apparaît ainsi possible de soumettre la question des gîtes métallifères, problème du *discontinu* par excellence, à une sorte de calcul et, en tout cas, à un raison-

nement *continu*; ce qui serait un peu l'analogue de l'artifice de Cauchy des calculs appliqués au voisinage des points singuliers (ici gîtes métallifères).

Un autre point théorique accessoire est que le clark de l'or et de l'étain déterminé par nous est inférieur à celui officiellement admis. Mais ce qui importe dans la pratique, c'est surtout la *différence* de la teneur régionale anormale et de la teneur moyenne générale des autres roches voisines. Cette *anomalie* de la présence de gîtes d'or paraît se révéler parfois à une distance de 200^{km}. Pour l'étain, la zone d'influence serait seulement de 50^{km}.

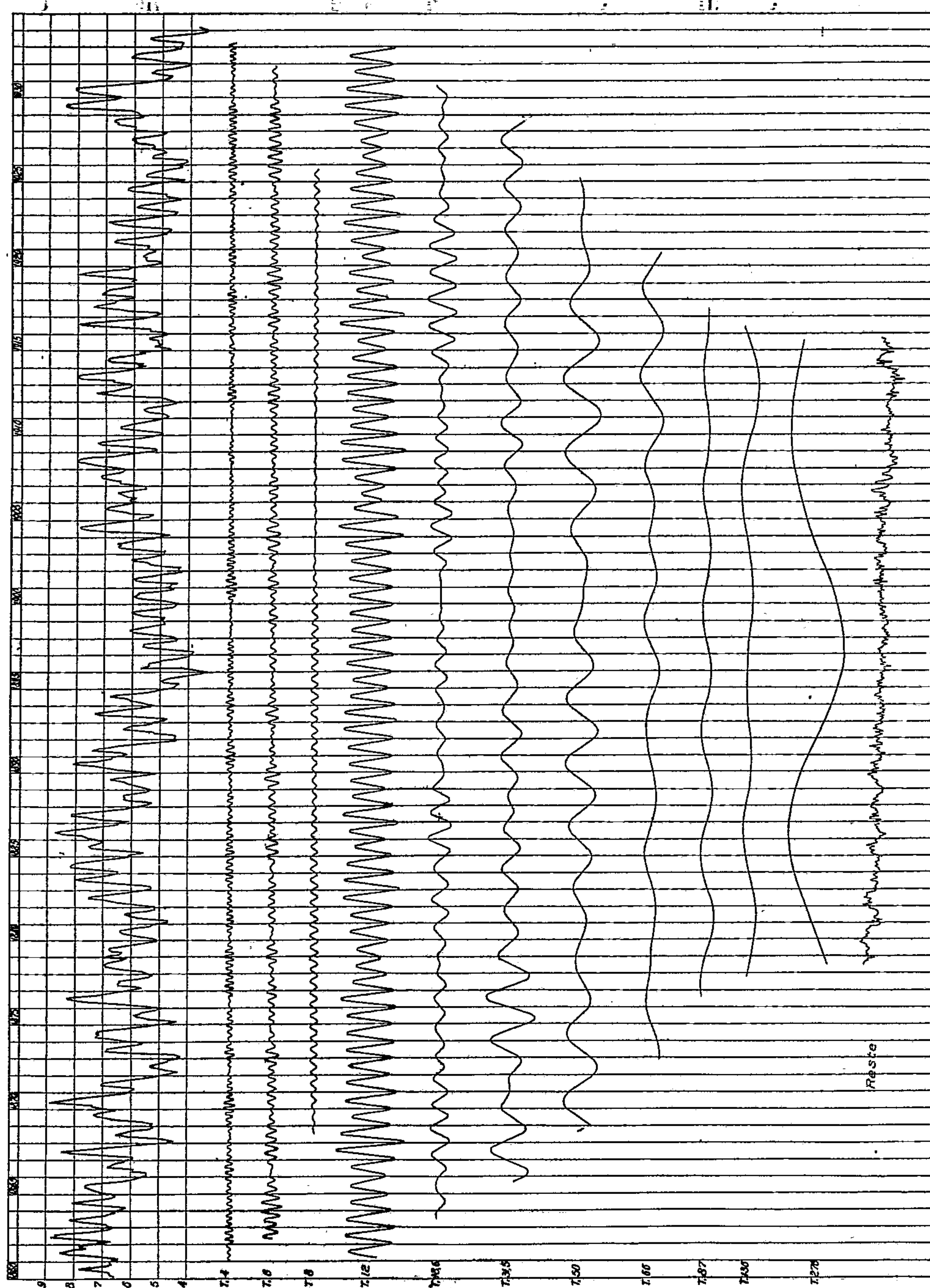
Ce procédé géochimique de prospection est d'essence très différente de la voie géophysique qui, elle, rattache le phénomène gîte *indirectement* à la variation de propriétés du terrain, alors que la première méthode recherche un minéral *spécifiquement*.

Il n'apparaît pas impossible de considérer l'ensemble de la question des gîtes métalliques comme ne se rattachant que très artificiellement à l'enseignement de la géologie, alors que ce ne serait qu'un chapitre de la géochimie et, en tout cas, une discipline beaucoup plus proche de la chimie et de la minéralogie que de la stratigraphie et de la tectonique. Ceci d'ailleurs n'étant nullement dit pour diminuer le rôle de la géologie dont la connaissance est évidemment aussi indispensable pour la recherche minière que l'est la topographie pour l'exécution d'une route.

HYDROLOGIE. — *L'analyse des niveaux du lac Ontario.* Note (1) de M. **Vladimir Frolow**.

Le matériel utilisé dans cette Note a été relevé sur un graphique des niveaux moyens mensuels du lac Ontario, publié par M. C.-G. Abbot (2). Cet auteur en a conclu qu'il existe une périodicité de 23 ans dans la marche des niveaux du lac, et qu'une périodicité de 46 ans est probable. D'autre part, M. Jesse W. Shuman (3), en utilisant la méthode Streiff, a trouvé en plus d'une composante à période courte et variable, les composantes de 6 et de 12 mois, celle de 11 ans, celle ayant une période double, enfin, deux composantes séculaires.

(1) Séance du 31 mars 1937.
(2) *Smithsonian Miscellaneus Collections*, 94, n° 10, 1935, p. 57-64.
(3) *Monthly Weather Review*, 59, 1933, p. 97-105.



L'analyse des niveaux du lac Ontario, faite suivant la méthode de M. H. Labrouste (4), donne les résultats résumés ci-dessous.

A. *Partie périodique*. — L'analyse a permis d'isoler onze composantes élémentaires. Le tableau suivant donne la période, l'amplitude maximum, et son rapport à l'écart des valeurs extrêmes des moyennes mensuelles (importance relative) pour chacune d'elles. La valeur donnée de la période des deux plus longues composantes n'est qu'approximative. Seule la composante de 87 mois n'a pas encore été isolée par la méthode d'analyse de M. H. Labrouste. Cependant elle a été indiquée pour les crues du Niger (5). Toutes les composantes trouvées répondent aux caractères généraux précisés auparavant (6).

Période (en mois).	Amplitude maximum.	Importance relative.	Période (en mois).	Amplitude maximum.	Importance relative.
	m	%		m	%
4........	0,38	6,7	50.......	1,34	23,8
6........	0,73	12,9	70.......	0,84	14,9
8........	0,26	4,6	87.......	0,48	8,5
12........	2,43	43,1	136.......	0,61	10,8
18,6......	1,14	20,2	276.......	2,00	35,5
31,5......	2,56	45,4	Données.	5,64	100

En dehors de ces onze composantes il en existe certainement de période plus courte. Elles sont peu importantes. L'existence de composantes plus longues n'a pu être discutée, la série étant trop courte.

B. *Reste*. — Le reste obtenu par soustraction des composantes isolées des données, présente une pente régulière. Le niveau du lac Ontario a subi une influence tendant à son abaissement, au taux de $2^{cm},25$ par an. Cette valeur considérable conduit à l'attribuer à l'action concourante de plusieurs causes, dont la variation séculaire du climat et, aussi, l'érosion du fleuve Saint-Laurent, accélérée, peut-être, par un mouvement isostatique du continent nord-américain.

Ainsi, l'analyse suivant la méthode de M. H. Labrouste permet de tirer une conclusion d'ordre géographique. Le lac Ontario est en régression et l'on peut estimer que, depuis 1860, il a perdu une tranche d'eau d'une trentaine de kilomètres cubes, soit de l'ordre de $2/100^e$ de son volume, tel que le donne M. Baulig (7). Cette évolution du lac est restée cachée

(4) *Annales de l'Institut de physique du Globe de Paris*, 14, 1936, p. 77-91.

(5) *Comptes rendus*, 192, 1931, p. 973.

(6) *Comptes rendus*, 200, 1935, p. 1616.

(7) *Amérique septentrionale*, 1re partie, Paris, 1935, p. 85.

aux observateurs car l'amplitude de la composante de 23 ans y est très forte. Sa constatation appelle, une fois, de plus l'attention sur les possibilités de recherches en hydrologie ouvertes par les travaux de M. et de Mme H. Labrouste.

PHYSIQUE DU GLOBE. — *L'influence de la saison et du climat sur les réfractions astronomiques et la répartition des masses d'air.* Note de M. **Frantisek Link**, transmise par M. Charles Fabry.

Dans toutes les théories des réfractions on est amené à adopter une loi qui donne la densité de l'air en fonction de l'altitude $\rho = f(h)$. Cette fonction est en réalité trop complexe pour être mise en une forme analytique et les théories qui le font ne donnent que des approximations, surtout au voisinage de l'horizon. Ces approximations sont suffisantes dans la pratique courante astronomique tant que l'on ne s'approche pas trop de l'horizon.

Dans les recherches concernant la haute atmosphère on doit s'occuper parfois des réfractions et des masses d'air au voisinage de l'horizon, prises dans des conditions très différentes de climat et de saison. Je me suis posé comme problème de voir quelle est l'influence des conditions météorologiques et géographiques sur ces valeurs. Pour cela il a fallu d'abord trouver la forme numérique de la fonction $\rho = f(h)$. Je suis parti d'une part d'un graphique de Ramanathan (1) qui donne les températures de l'air en fonction de l'altitude et de la latitude pour l'hémisphère boréal et pour les deux saisons extrêmes de l'année. D'autre part j'ai pris la distribution des températures dans un cyclone et dans un anticyclone donnée par Runge (2) pour l'été et pour l'hiver en Europe centrale et occidentale. Toutes ces valeurs résultent de sondages aérologiques. En admettant l'équilibre statique de couches d'air supposées sphériques et la loi des gaz parfaits on détermine la densité de l'air à l'aide de la formule connue

$$\log\rho = \log\frac{273}{T_0}\,\frac{b}{760} + \log\frac{T}{T_0} - \frac{0{,}4343\,M}{R}\int_0^h \frac{g}{T}\,dh$$

$$(M = 28^g{,}98;\ R = 8{,}316.10^7\ \text{C. G. S.}),$$

où T_0 et T sont les températures absolues au sol et au niveau donné et g

(1) R. R. Ramanathan, *Nature*, **123**, 1929, p. 834.

(2) H. Runge, *Thèse,* Université de Leipzig, 1931.

l'accélération de la pesanteur. En ce qui concerne la pression barométrique au sol b, j'ai pris dans le cas de Ramanathan $b = 760^{mm}$ et, dans le cas de Runge, $b = 720$ ou $b = 775$ suivant la situation météorologique.

Les données de Ramanathan ne dépassent pas l'altitude de 25^{km} et celles de Runge s'arrêtent à 16^{km}. Au-dessus j'ai adopté les valeurs moyennes d'après Humphreys ([3]) qui vont jusqu'à la limite atteinte par les sondages, c'est-à-dire 40^{km} environ. L'erreur qui en résulte est négligeable en comparaison avec les différences dues aux facteurs mentionnés plus haut. Je ne donnerai ici que deux tableaux de comparaison des masses d'air et des réfractions. Les détails des calculs et la discussion complète seront publiés dans un autre Recueil.

Masses d'air.

	Hiver.					Été.				
z. φ...	+ 80°.	+ 60°.	+ 40°.	+ 20°.	00°.	+ 20°.	+ 40°.	+ 60°.	+ 80°.	Humphreys ([4]).
90°	44,1	40,6	38,6	37,2	36,7	36,6	37,5	37,9	39,4	38,8
89,5	34,2	32,7	31,3	30,6	30,6	40,7	30,6	31,2	32,0	31,6
89	28,0	27,1	26,3	25,9	25,8	25,7	25,9	26,1	27,0	26,5
88	20,5	19,7	19,5	19,2	19,3	19,2	19,2	19,2	19,4	19,5
00	1,02	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,99	0,99	1,00

$\varphi = 50°$.

	Cyclone.	Anticyclone.	Cyclone.	Anticyclone.
90°	36,9	41,7	36,7	38,4
00°	0,95	1,02	0,95	1,01

L'unité de masse d'air est égale à $8^{km},04$ d'air sous 760^{mm} et 0°C.

Réfractions (en minutes d'arc).

	Hiver.					Été.				
z. φ...	+ 80°.	+ 60°.	+ 40°.	+ 20°.	00°.	+ 20°.	+ 40°.	+ 60°.	+ 80°.	Humphreys ([4])
90°	54,2	42,9	34,4	31,3	30,8	30,3	31,8	33,1	37,8	35,8
89,5	40,4	32,4	28,5	26,4	25,9	25,4	26,7	28,4	31,3	29,3
89	32,1	27,8	24,3	22,7	22,3	21,8	22,8	23,6	25,3	25,0

	Cyclone.	Anticyclone.	Cyclone.	Anticyclone.
90°	34,7	45,6	32,4	34,7

L'examen de ces deux tableaux montre que les différences sont grandes au voisinage de l'horizon et décroissent assez vite au-dessus de celui-ci.

([3]) C. W. HUMPHREYS, *Physics of the Air*, New-York, 1929.

([4]) F. LINK, *Journal des Observateurs*, **17**, 1934, p. 41.

Ces différences ne sont pas dues aux différentes conditions au sol mais à la structure différente de l'atmosphère. Pour cette raison, les tables actuelles de réfractions ne peuvent donner qu'une grossière approximation. Par exemple, les réfractions moyennes à l'horizon 35',5 s'accordent assez bien avec la valeur 36',6 donnée par la *Connaissance des Temps* pour 0°C. ou bien avec la valeur de 34',8 réduite à la température moyenne de l'année. Mais, si l'on compare ces tables avec nos données pour les situations météorologiques différentes, l'accord devient mauvais. Pour l'anticyclone, en hiver par exemple (0°C., 775^{mm}), les tables de la *Connaissance des Temps* donnent 37',4 au lieu de 45',6. D'ailleurs nos valeurs ne peuvent donner que l'ordre de grandeur des quantités calculées, car en toute rigueur il faudrait faire un sondage aérologique complet chaque fois que l'on veut connaître les valeurs exactes des masses d'air et des réfractions au voisinage de l'horizon.

CYTOLOGIE VÉGÉTALE. — *Évolution nucléaire et numération chromosomique chez* Begonia Pictaviensis. Note de M. **André Eichhorn**, présentée par M. Alexandre Guilliermond.

Au cours d'une récente étude de la mitose chez une variété horticole de *Begonia*, j'ai indiqué que la chromatine se trouvait sous forme de petites granulations, éparses dans la cavité nucléaire, sans lien entre elles ni avec le nucléole et auxquelles pouvait s'appliquer le terme de prochromosomes. J'ai examiné depuis le noyau et sa division chez un autre *Begonia*, le *B. Pictaviensis*, hybride entre *B. Scharffiana* et *B. metallica* et, de plus, j'ai fait étudier, des mêmes points de vue, un certain nombre de bonnes espèces du même genre. Personnellement, je suis parvenu aux résultats suivants :

Le noyau au repos possède un grand nombre de granulations chromatiques qui correspondent chacune à un chromosome. Ces granulations sont nettement indépendantes les unes des autres et sont sans lien apparent avec le volumineux nucléole situé le plus souvent au centre de la cavité nucléaire et porteur de une ou parfois de deux protubérances que l'on peut considérer comme des bourgeonnements. Ceux-ci demeurent généralement au contact du nucléole, mais ils peuvent aussi s'en détacher sans toutefois, dans le cas présent, émigrer assez loin. Ces protubérances nucléolaires ne sauraient être confondues avec les granulations chromatiques, auxquelles

on peut ici dès maintenant donner le nom de prochromosomes, car elles demeurent inchangées comme le nucléole lui-même jusqu'en fin de prophase, stade auquel les chromosomes sont définitivement constitués. La formation de ces éléments s'effectue à partir d'un prochromosome qui, primitivement ponctiforme ou légèrement ovoïde, double approximativement de volume. Ce processus peut s'expliquer par deux hypothèses. Ou bien le prochromosome élabore de la chromatine à partir du suc nucléaire, ou bien, par suite de l'augmentation de volume du noyau dans son ensemble et qui résulte vraisemblablement d'une hydratation, le prochromosome augmente lui aussi dans les mêmes proportions.

En fin de prophase, les chromosomes fort petits ont la forme de courts bàtonnets ou de minuscules olives et le clivage, assez difficile à mettre en évidence, se dessine alors. A la métaphase, l'ensemble des chromosomes constitue une ligne chromatique en vue de profil, sur laquelle il est impossible de distinguer les éléments les uns des autres. La lecture de la plaque équatoriale, en vue polaire, est aussi particulièrement délicate, en raison de la disposition des chromosomes qui sont serrés les uns contre les autres. Il m'a paru que leur nombre pouvait être évalué à 70. Aucun détail de structure ne peut être décélé à la suite de l'examen des éléments en prophase ou en métaphase. Sans doute a-t-on affaire, tout au moins dans ce cas de chromosomes petits et courts, à des masses chromatiques parfaitement homogènes.

A l'anaphase les chromosomes gagnent les pôles toujours rangés sur une même ligne et, le clivage étant intervenu, ils ont à ce stade apparamment un volume identique à celui des prochromosomes du noyau quiescent. On ne rencontre pas, d'ailleurs, dans cet objet, d'images analogues à celles signalées dans de précédents travaux et qui pouvaient amener à admettre que les chromosomes se déchromatinisent peu à peu, les portions correspondant aux chromocentres demeurant seules visibles. La télophase est marquée par la réapparition de la membrane nucléaire et deux ou trois petits nucléoles qui fusionnent ensuite et reconstituent le nucléole unique du stade de repos.

L'étude de la mitose chez cette espèce n'apporte pas de renseignements sur le rôle éventuel du nucléole. En effet, il a été dit plus haut qu'il demeure inchangé durant toute la prophase et ne participe aucunement à l'édification des chromosomes. A la métaphase, ou bien il disparaît assez brusquement, et cela est comparable à ce qui se passe chez de nombreux végétaux, ou bien il s'étrangle en son milieu, puis se divise en deux por-

tions sensiblement égales dont chacune émigre, précédant le lot de chromosomes, vers un pôle. Ces images rappellent celles rencontrées déjà chez *Kœlreuteria paniculata*, entre autres, à cette différence près, toutefois, que si dans cette dernière espèce le phénomène est presque général, il ne l'est pas chez *Begonia Pictaviensis*. Que deviennent ces fragments nucléolaires ? Il est impossible d'affirmer comme de nier que cette moitié de nucléole soit reprise dans le noyau-fils en reconstitution. Du reste, ainsi qu'il l'a été indiqué ci-dessus, ce n'est pas un seul, mais au moins deux et le plus souvent trois petits nucléoles que l'on rencontre en télophase, dans le noyau néoformé. On voit, par ce qui précède, à quel point le nucléole évolue différemment dans des cellules voisines d'un même méristème et combien il est difficile d'attribuer un rôle certain à cet organite cellulaire.

MYCOLOGIE. — *Nouveaux aperçus sur la sexualité des Basidiomycètes.* Note de M. **René Vandendries**, présentée par M. Alexandre Guilliermond.

Au cours de notre campagne mycologique dans la banlieue parisienne, en octobre-novembre 1936, nous avons eu l'occasion de recueillir 260 sporées d'espèces différentes de Basidiomycètes, déterminés par M. Robert Kühner. Une soixantaine d'espèces ont donné des spores germant. Nous résumons ici les résultats de nos premières investigations.

Omphalia maura Fr. est une espèce *bipolaire*, *avec anses d'anastomose*. Sa forme *alba*, non signalée jusqu'ici, l'est également.

En confrontant les haplontes de la forme ordinaire avec ceux de l'albinos, nous avons obtenu dans chaque cas, un mycélium à *dicaryons et à anses d'anastomose*. Ces haplontes obéissent donc à la loi générale de fertilité entre individus étrangers de même espèce. Les végétations diploïdes obtenues sont des *hybrides* des deux formes citées. L'apparition éventuelle de carpophores dans nos cultures nous permettra d'en contrôler le mendélisme.

Pleurotus cornucopoides P. est *tétrapolaire*, avec *anses d'anastomose*. Quelques confrontations stériles entre haplontes *ab* et *ab'* ont donné des copulations *illégitimes* avec *fausses anses d'anastomose*. Nos préparations fixées et colorées ont permis de vérifier l'exactitude de l'interprétation de Quintanilha concernant le rôle des fausses anses qui, à chaque mitose

conjuguée du dicaryon terminal, emprisonnent un noyau et garantissent ainsi au thalle son caractère uninucléé.

Calocera cornea Batsch. La spore binucléée se partage à maturité, par une cloison transversale, en deux cellules uninucléées qui germent et donnent, chacune, d'abord un *symplaste*, à multiples noyaux qui se divisent sans être ordonnés en couples. Plus tard des cloisons séparent des cellules *uninucléées*. Dans les cultures plus âgées, on observe du mycélium à *dicaryons*, *sans anses d'anastomose*. L'espèce est donc *homothalle*. Le passage de l'état haploïde à l'état diploïde, question qui s'était déjà posée chez *Conocybe pubescens*, a pu être vérifié chez l'espèce en question. Il s'agissait de savoir si chacun des deux haplontes, issus de la germination de la spore, était capable de se transformer en un diplonte, ou bien, s'il fallait une conjugaison préalable entre hyphes de ces deux haplontes originaux pour engendrer la première cellule dicaryotique, point de départ d'une végétation binucléée. Nous sommes parvenus à isoler les conidies uninucléées de ces haplontes et à les faire germer. Elles engendrent des thalles haploïdes uninucléés qui restent indéfiniment dans cet état. La cellule uninucléée n'a donc pas le pouvoir de reconstituer un dicaryon par simple dédoublement du noyau. Si l'on procède à des *confrontations*, deux par deux, de ces cultures monoconidiennes, on obtient, dans certains cas, des thalles diploïdes à dicaryons. On peut en conclure qu'une conjugaison a eu lieu et que pareilles conjugaisons se produisent entre les deux thalles issus de la germination de la spore.

Les mycéliums diploïdes produisent aussi des *conidies uninucléées*, incapables, quand on les isole, de reconstruire un thalle diploïde. Nous constatons ici un nouvel exemple du *retour à l'haploïdie*, d'un organisme diploïde, phénomène déjà signalé chez *Pholiota aurivella*.

Sont *tétrapolaires*, *avec anses d'anastomose*, *Peniophora cinera*, *Hypholoma capnoides* Fr., *Deconica inquilina* et *Deconica coprophila*. Les cultures de cette dernière espèce donnent des *barrages sexuels* dans les confrontations $ab \times ab'$ et $a'b \times a'b'$, conformément à ce qui a été observé chez *Lenzites betulina* et *Pleurotus columbinus*. *Geocystidium roseo-cremeum* Kühn. est *bipolaire* avec *anses d'anastomose*.

Mycena vitilis Fr., *forme parthénogénétique* (Kühn.). Le carpophore est constitué, d'après M. Kühner, de cellules à un noyau, dont la cytologie n'a pu être étudiée, faute de matériel fixé. Mais, par analogie, nous allons pouvoir conclure à l'existence d'un cycle identique à celui décrit ci-dessous.

Mycena galericulata Scop. D'après Kühner, la forme étudiée est à *basides*

bisporiques et le carpophore constitué de cellules *uninucléées* où la baside ne reçoit elle-même qu'*un seul noyau* subissant une mitose. En germant la spore donne d'abord naissance à un *symplaste*, qui se cloisonne plus tard et engendre un thalle à *cellules uninucléées*. L'espèce est donc bien *parthénogénétique*. Cette parthénogénèse diffère de la parthénogénèse animale en ce sens que *tout le cycle vital est haploïde*. Chez les animaux, l'œuf ayant émis ses deux globules polaires peut, sans intervention d'un spermatozoïde, donner naissance à un embryon haploïde, mais le développement ultérieur de celui-ci exige une *régulation* qui rétablit le nombre normal de chromosomes et garanti le développement embryonnaire. Chez *Mycena galericulata* et *Mycena vitilis*, la parthénogénèse est *pure*, indépendante de toute tendance à la diploïdie.

ZOOLOGIE. — *Quelques métacercaires d'*Atherina mochon *C. V.*; *développement expérimental d'un Gastérostomidé.* Note de M. **Pierre Carrère**, présentée par M. Maurice Caullery.

Parmi les métacercaires qu'héberge *Atherina mochon* C. V., vivant dans les gîtes de la Camargue, nous en signalons deux qui correspondent à des Trématodes de poissons carnassiers.

La première appartient à la famille des Gastérostomidés. Le ver adulte, obtenu expérimentalement, a les caractères suivants : corps globuleux, ovoïde ou piriforme, mesurant 400^μ à 780^μ sur 320^μ à 650^μ; épines de la cuticule bien développées, notamment dans la région antérieure, mais existant sur tout le corps; organe adhésif de 80^μ à 155^μ suivant son degré d'étalement, avec des mamelons non filiformes; pharynx latéral, arrondi de 60^μ de diamètre; intestin sacciforme, remplissant la partie centrale et postérieure du corps; testicules symétriques, dans le tiers postérieur du corps, ayant 80^μ à 150^μ; poche du cirre droite et allongée, d'avant en arrière, mesurant 110^μ à 190^μ sur 40^μ à 60^μ, s'ouvrant au pore génital subterminal, de 20^μ de diamètre; ovaire de 50^μ de diamètre environ, situé entre les testicules; vitellogènes latéraux; circonvolutions utérines dans la région postérieure, s'avançant jusqu'au milieu du corps et le dépassant légèrement; œufs : 25^μ sur 16^μ.

Ce Gastérostomidé rentre dans le genre *Dolichœnterum* Osaki, 1924. Il diffère de l'unique espèce décrite : *D. longissimum* Oz., 1924 (Japon), par son aspect globuleux, la position symétrique des testicules, la forme de

l'intestin, moins allongé. Néanmoins, la situation de l'ovaire entre les testicules, l'aspect de l'organe adhésif, me permettent de le maintenir dans les *Dolichœnterum*, et d'éviter la création d'un nouveau genre. Manter (1934) a aussi récolté un *Dolichœnterum* immature, dont la diagnose spécifique n'a pu être établie : il diffère de notre espèce, notamment par la position des testicules, placés l'un derrière l'autre. Nous proposons le nom de *Dolichœnterum lamirandi* sp. nov.

La métacercaire est abondante dans le foie d'*Atherina mochon* C. V., de Camargue. L'infestation est généralement très intense : plusieurs centaines de kystes chez le même poisson. L'espèce voisine, *Atherina hepsetus* L., pêchée dans le golfe de Marseille, héberge également ces parasites, mais plus rarement et en moins grande quantité (une quinzaine au maximum). Le cycle évolutif semble donc s'accomplir plus facilement dans les collections d'eau restreintes. Cette métacercaire se présente sous forme de kystes arrondis, mesurant 150^{μ} à 280^{μ} de diamètre; leur paroi est très mince et permet de distinguer par transparence les organes de la larve. Dans les cas de parasitisme très intense, il peut exister jusqu'à cinq métacercaires dans le même kyste. On trouve déjà les caractères très accusés de la forme adulte : corps globuleux, de 360^{μ} à 500^{μ} sur 210^{μ} à 350^{μ}; organe adhésif de 80^{μ} à 120^{μ}; pharynx latéral de 32^{μ} à 40^{μ}; ébauches très nettes des testicules (85^{μ}), de la poche du cirre (110^{μ} sur 40^{μ}) de l'ovaire et du tube utérin. La progenèse n'a jamais été observée, le parasite dégénère au bout d'un certain temps.

Cette métacercaire a pu évoluer expérimentalement chez *Labrax lupus* C. V., par ingestion de foie d'*Atherina*. Au bout de cinq à six jours on trouve des Trématodes à œufs déjà formés et d'autres à divers stades de développement. Un début d'infestation a été aussi réalisé chez la grenouille *Hyla arborea* (L.).

Atherina mochon et *A. hepsetus* hébergent aussi dans leur musculature une autre métacercaire que je rattache aux *Acanthostomidæ* Poche, 1925. Kyste ovalaire, mesurant 250^{μ} à 380^{μ} sur 160^{μ} à 240^{μ}. Métacercaire allongée (700^{μ} à 1100^{μ} sur 200^{μ} à 260^{μ}). Ventouse orale : 140^{μ} en moyenne, portant une couronne de 18 épines céphaliques de 30^{μ} à 40^{μ}. Deux taches oculaires très apparentes (même dans le kyste), situées à droite et à gauche du pharynx, mais rarement symétriques. Ventouse ventrale : 80^{μ} à 90^{μ}. Je n'ai pu obtenir jusqu'à présent qu'un début de développement chez *Hyla arborea*, les circonstances ne m'ayant pas encore permis d'utiliser des poissons carnassiers neufs pour cette série d'expériences.

ZOOLOGIE. — *Les Gastrodes des eaux indochinoises et quelques observations sur leur cycle évolutif.* Note de M. **Constantin Dawydoff**, présentée par M. Maurice Caullery.

Les Gastrodes sont des Cténophores parasites des Salpes, découverts par Korotneff (1888) dans la Méditerranée et retrouvés par T. Komaï au Japon; ils ne se rencontrent qu'assez rarement dans les eaux de l'Indochine française. Ainsi, en étudiant pendant cinq ans, le plancton de la Baie de Nhatrang (Sud Annam), je n'ai eu l'occasion d'observer cet organisme remarquable que dix fois et le nombre des spécimens que j'ai eus à ma disposition a été assez restreint. La plupart de mes échantillons ont été trouvés dans les *Salpa fusiformis* Cuv., mais j'ai constaté aussi la présence de *Gastrodes* dans une autre Salpe, *S. cylindrica* Cuv., qui n'est pas fréquente dans les eaux côtières de l'Annam.

Les Gastrodes des eaux de l'Indochine, qui parasitent *S. fusiformis*, appartiennent à l'espèce méditerranéenne, *G. parasiticum* Kor.; c'est celle qui a été trouvée par T. Komaï (1920-1922) au Japon, où parfois 25 pour 100 des Salpes en sont infestées. Dans la baie de Nhatrang, les *S. fusiformis* sont communes, mais le pourcentage des animaux parasités est assez insignifiant. La plupart ont été observés par moi au commencement de la belle saison (avril-mai). Malgré le matériel peu abondant, j'ai retrouvé toutes les phases d'évolution du parasite décrites par Komaï (1922), sauf le stade planula. Toutes les parasites jeunes et avancés, contenaient des œufs dans l'épithélium de leur face ventrale. Je n'ai jamais vu de spermatozoïdes.

Les *Gastrodes* de *Salpa cylindrica* diffèrent considérablement de *G. parasiticum* et, à mon sens, doivent être considérés comme appartenant à une espèce nouvelle. Je lui donne le nom de *Gastrodes Komaï* nov. sp..

Un des caractères les plus essentiels qui distinguent ce nouveau *Gastrodes* de l'espèce méditérranéenne, est sa pigmentation. *G. parasiticum* est transparent et incolore, tandis que *G. Komai* est nettement pigmenté en brun clair sépia. Cette pigmentation est due à de rares chromatophores étoilés, dispersés dans la mesoglée, qui, chez notre espèce, est plus riche en éléments cellulaires que chez sa congénère. L'autre caractère distinctif de notre *Gastrodes* est le faible développement des côtes méridiennes. Ainsi, chez *G. Komaï*, chaque rangée méridienne ne contient que 8-10 palettes, tandis que, chez *G. parasiticum*, on en trouve 17-20. Il faut noter aussi la réduction

presque complète de l'appareil tentaculaire; il n'en reste, chez *G. Komai*, que deux proéminences coniques, difficilement décelables chez l'animal vivant. Les gaines tentaculaires disparaissent complètement. Comme chez *G. parasiticum*, je n'ai observé que les cellules génitales femelles, situées dans l'épithélium ventral.

Je n'ai trouvé *G. Komaï* que dans deux exemplaires de *S. cylindrica* (forme agrégée); chacun en contenait trois individus. En somme, j'ai eu à ma disposition trois stades d'évolution du parasite : 1° le stade classique, observé par Korotneff, représenté par un organisme discoïde, ne possédant encore ni statocyste ni palettes vibratiles; 2° un stade plus avancé: discoïdal aussi, mais qui manifeste sa nature nettement cténophorienne par une ébauche du statocyste et huit côtes méridiennes (très courtes, avec 3-4 palettes seulement); 3° le stade cténophorien hémisphérique, avec statocyste et côte méridiennes bien développées. A ce stade de son évolution, *Gastrodes* a 3-4^{mm} de diamètre et sa partie orale manifeste une tendance bien marquée à se différencier en deux bords marginaux, qui ne représentent autre chose qu'une portion dévaginée du pharynx. Ces bords sont très étroits, mais leur ensemble constitue déjà, en quelque sorte, un disque oral, la face de fixation de l'organisme à son hôte.

On sait que le stade cténophorien hémisphérique représente la phase culminante de l'évolution de *Gastrodes* à l'intérieur de la Salpe. Son sort ultérieur est inconnu. Or j'ai eu la chance de faire à ce sujet quelques observations qui me semblent avoir une importance considérable, surtout comme point de départ pour des études plus approfondies de mes successeurs. Après avoir libéré, sous la loupe, un gros *Gastrodes komai*, j'ai réussi à l'observer à l'état vivant pendant trois jours et j'ai pu constater que ce *Gastrodes* hémisphérique mis en liberté subit une série de transformations très intéressantes. Il tombe au fond de la cuvette, s'aplatit et rejette ses côtes méridiennes, qui tombent en bloc. La partie orale de son corps s'élargit considérablement, s'étale sur le substratum et se transforme en un large disque de reptation, qui finit par se subdiviser en quatre lobes. Dans chacun de ces lobes pénètre une paire des extrémités dilatées des canaux méridiens du système gastrovasculaire. La partie aborale du corps s'élève en dôme sur la face orale. Elle conserve son statocyste, mais les rudiments des tentacules disparaissent complètement. Je n'ai pas pu trouver non plus les cellules génitales dans l'épithélium ventral. N'ayant pas réussi à élever cette phase libre de *Gastrodes* plus de

trois jours, je n'ai pu, ni élucider son sort ultérieur, ni observer sa reproduction.

En résumé, tout me porte à croire que le stade libre de *Gastrodes*, que j'ai observé dans les conditions artificielles d'une expérience, doit exister comme stade normal de son évolution et s'intercale, dans le cycle évolutif, comme la phase sexuelle véritable. Il est fort probable que c'est aux dépens des cellules génitales de cette génération libre que se développent les remarquables larves planuliformes, observées par *Komaï*. Ces larves, en pénétrant dans la Salpe, y donnent la génération parasite, si bien étudiée par le naturaliste japonais.

CHIMIE PHYSIOLOGIQUE. — *Action de l'insuline sur la glycogénolyse musculaire chez le chien.* Note de MM. **Michel Polonovski**, **Gaston Bizard** et **Henri Warenbourg**, présentée par M. Alexandre Desgrez.

Bien que le rôle de l'insuline dans le métabolisme du glucose soit connu depuis plus de vingt ans, le lieu et le mode d'action de cette hormone ne sont pas encore déterminés exactement. La question de savoir notamment si l'insuline a une action périphérique sur la dégradation glucidique, par exemple dans un membre, a suscité de nombreux travaux sans qu'aucune conclusion précise put en être déduite. Nous-mêmes, dans une série de recherches antérieures, après avoir montré l'insuffisance des techniques jusqu'alors utilisées, comme le garottage du membre, ou même la ligature des vaisseaux iliaques (qui n'arrivent pas à exclure entièrement le territoire considéré de la circulation générale), avons proposé chez le chien la désarticulation totale du membre inférieur, en ne laissant intact que le nerf sciatique, l'artère et la veine fémorale. Nous pouvions alors à volonté interrompre totalement la circulation sanguine en liant ces deux vaisseaux. C'est ainsi que nous avons établi que la stase seule provoque un abaissement de la glycémie (de 15 à 30 pour 100 en 45 minutes) et que l'injection de 40 à 60 unités d'insuline dans l'artère fémorale [1] détermine après

[1] Pour répartir l'hormone pancréatique dans tout le membre, on laisse passer dans l'artère une ou deux ondées sanguines après l'injection de l'insuline avant d'interrompre la circulation par ligature des deux vaisseaux.

45 minutes une hypoglycémie bien supérieure à celle qu'on peut attendre de la stase seule, mais au bout du premier quart d'heure, on observe au contraire une hyperglycémie, de présence et d'importance variable avec la marque d'insuline utilisée. Cette augmentation de la glycémie est encore plus nette lorsqu'on fait travailler la patte par excitation du sciatique.

Pour mieux étudier cette phase hyperglycémique, que l'hypoglycémie secondaire masque plus ou moins rapidement et plus ou moins complètement, nous avons fait précéder l'injection d'insuline de l'introduction, dans tout le système circulatoire de la patte, de 20 à 50$^{cm^3}$ d'une solution de FNa à 4 pour 100, qui inhibe toute glycolyse. *L'hyperglycémie postinsulinique est alors constante* et atteint en 15 minutes jusqu'à 300 pour 100 du taux initial. Elle s'abaisse ensuite légèrement, tout en restant très supérieure à la glycémie du début.

On provoque une hyperglycémie considérablement plus forte encore, en adjoignant à la solution de FNa un mélange de phosphates alcalins tamponnés à pH 7,32.

En même temps que la glycémie nous avons mesuré les variations de l'indice chromique résiduel (I. C. R.) du déféquat tungstique du plasma. La stase seule ne l'augmente que de façon discrète. Mais l'insuline en provoque une augmentation de 100 pour 100, en 15 minutes; en présence de FNa cet accroissement est encore deux ou trois fois plus fort et même quintuple dans le cas d'un mélange de FNa et de phosphates.

Le tableau suivant indique, pour chaque cas, la moyenne de six expériences :

	Glycémie et I. C. R.					
	initial.		15 min. après.		45 min. après.	
Stase	1,17	0,36	0,73	0,50	0,68	0,16
Stase + insuline	1,35	0,59	1,80	1,10	0,73	1,40
Stase + FNa	1,31	0,63	1,10	0,66	1,14	1,10
Stase + FNa + insuline	1,22	0,60	2,69	1,90	1,82	1,73
Stase + FNa + phosphates + insuline	1,19	0,70	4,13	3,51	2,74	1,94

L'hyperglycémie postinsulinique, qu'accroît encore l'enrichissement du milieu en phosphates, et qui s'accompagne d'une augmentation si considérable de l'indice chromique résiduel, ne peut trouver d'explication que

dans la glycogénolyse musculaire, sous l'influence de l'insuline, par une activation de la phosphorylation des glucides.

A 15h20m l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à 16h.

E. P.

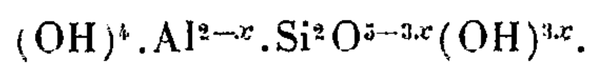
ERRATA.

(Séance du 22 mars 1937.)

Note de M. *Jacques de Lapparent*, Sur les kaolinites activables :

Page 938, ligne 20, rectifier la formule de la façon suivante :

$$(OH)^4.Al^{2-x}.Si^2O^{5-3x}(OH)^{3x}.$$



ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 12 AVRIL 1937.

PRÉSIDENCE DE M. EMMANUEL LECLAINCHE.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

GÉOLOGIE. — *Signification des perturbations enregistrées par les phosphates du Hodna (Algérie) pendant et après leur dépôt.* Note de M. **LUCIEN CAYEUX.**

La formation phosphatée, dite suessonienne, dont on sait l'importance en Tunisie et au Sud du département de Constantine, reparaît, après une longue interruption, au Sud-ouest de Sétif, sur le méridien de Bougie, dans le massif du Hodna. C'est là que se trouvent les centres d'extraction, en activité ou non, de M'Zaïta, Tocqueville et Bordj R'dir.

Subordonnée à des *calcaires à silex* de faible puissance (15-20^m, M'Zaïta), la formation en question est comprise entre des *marnes* noires à *Exogyra Overwegi* et des calcaires à Thersitées. Au dire de M. J. Savornin (¹), l'assise des marnes passe au Crétacé sans solution de continuité, mais il arrive qu'elle manque et que les calcaires à silex avec phosphates reposent en transgression sur le Crétacé.

Les phosphates du Hodna sollicitent l'attention, avant tout par la fréquence et l'importance des perturbations qu'ils ont enregistrées, c'est-à-dire par l'extraordinaire mobilité des fonds sous-marins d'un bout à l'autre de la formation phosphatée.

De tous les complexes phosphatés analysés jusqu'à présent, celui du Hodna est, sans doute possible, le plus riche en ruptures d'équilibre. Les nombreuses variations de puissance des couches et les non moins nombreux

(¹) *Bull. Carte géol. Algérie*, 2e série, 7, 1920, p. 287.

changements lithologiques réalisés dans l'épaisseur restreinte, correspondant aux horizons successifs, non seulement d'un gisement à l'autre, mais en différents points d'un même gisement, l'épaisseur réduite et parfois le coincement des bancs phosphatés, la proportion élevée des couches ravinées et perforées, les phénomènes de remaniement, les multiples poudingues observés, sans parler de la grande transgression qui prélude à la genèse du complexe phosphaté, constituent, à cet égard, un ensemble de témoignages très décisifs, et pour le moment uniques, ne laissant aucun doute sur la très grande instabilité du bassin générateur des phosphates du Hodna.

Or, il se fait que *la formation qui enregistre le maximum de perturbations, au cours de son dépôt, est en même temps celle qui a enregistré le maximum de dislocations après son émersion.*

Les gisements mis en exploitation et ceux beaucoup plus nombreux qui sont, pour l'instant, dénués d'importance pratique, représentent des témoins d'une formation primitivement continue, très disloquée, d'une richesse exceptionnelle en failles, et réduits en lambeaux, isolés par l'érosion qui en a détruit la plus grande partie. Les cartes d'affleurements de phosphate du versant nord du Djebel Mahdid et des îlots suessoniens du M'Zaïta, publiées par D. Dussert ([2]), fournissent une bonne image du morcellement de la formation et de ses principales failles.

Sommes-nous là en présence d'une coïncidence toute fortuite, ou d'un enchaînement de phénomènes auquel il est permis d'attacher une portée générale? A cette question, il me paraît logique de répondre que les fonds sur lesquels s'accumulaient les phosphates, étaient déjà troublés par les mouvements qui, en se multipliant et en s'accentuant, plus tard, devaient engendrer les innombrables dislocations qui accidentent le plateau du Hodna.

Si cette interprétation est fondée, et tout fait supposer qu'elle l'est, nous avons là un nouvel exemple de mouvements de très longue haleine, qui n'attirent l'attention que par leurs dernières manifestations, et dont la caractéristique est d'affecter le fond des mers, dont ils vont, avec le temps, relever, plisser et disloquer les sédiments.

Nous savons déjà qu'il en fut ainsi pour le Bassin de Paris, mais avec une moindre ampleur, à trois époques différentes, correspondant respectivement à la genèse des minerais de fer oolithique de Lorraine, des craies

---

([2]) *Ann. Mines*, 12e série, *Mém.*, 6, 1924, pl. VI et VII.

magnésiennes, ainsi que des craies phosphatées sénoniennes. A chacune de ces époques, des sédiments, en voie de formation sur le fond de la mer, longtemps avant que les ondulations, dont ils sont l'amorce, ne soient acquises définitivement à la terre ferme, ont profondément influencé et conditionné le milieu générateur des produits énumérés.

Il n'est pas interdit de penser que de pareils cycles de phénomènes ne sont pas aussi rares dans la série des temps géologiques que l'état de nos connaissances le fait supposer, et que, dans cet ordre d'idées, l'étude micrographique des dépôts sédimentaires réserve aux chercheurs un vaste champ d'investigation dont on ne saurait méconnaître le grand intérêt.

MAGNÉTISME TERRESTRE. — *Influence possible des actions mécaniques (vibrations) et des perturbations magnétiques sur le champ magnétique terrestre et ses anomalies.* Note de M. **Charles Maurain.**

On sait que des actions mécaniques (vibrations, trépidations, torsions, tractions) et aussi l'action de champs magnétiques variables, peuvent faire varier l'aimantation, soit l'aimantation induite acquise par l'effet d'un champ magnétique, soit l'aimantation rémanente persistant après suppression du champ magnétique.

J'ai étudié jadis ce phénomène sur les métaux ferromagnétiques (1) et montré comment il se présente suivant la phase d'un cycle de champ magnétique auquel est soumis l'échantillon. En particulier, l'aimantation acquise sous l'influence d'un champ magnétique faible peut être beaucoup accrue si l'échantillon est soumis à des actions mécaniques ou à un champ magnétique variable; inversement, dans le cas où l'échantillon a été soumis antérieurement à un champ magnétique plus élevé que le champ magnétique actuel, de telles actions peuvent diminuer beaucoup son aimantation.

Ces phénomènes jouent sans doute un rôle dans les variations de l'état d'aimantation des matériaux constituant le Globe terrestre, et par suite dans les variations de la distribution du champ magnétique terrestre à la surface.

Les matériaux de la croûte terrestre sont plus ou moins aimantés, suivant leur susceptibilité magnétique, très diverse, et suivant leur histoire

(1) *Journal de Physique*, 4e série, 3, 1904, p. 257.

magnétique. A cette aimantation est dû un certain champ magnétique, qui intervient dans le champ d'ensemble à la surface de la Terre, en particulier dans les anomalies magnétiques plus ou moins étendues, et est le fondement de la méthode magnétique d'étude du sous-sol qui s'est beaucoup développée dans ces derniers temps. Ces matériaux sont soumis constamment au champ magnétique terrestre. On conçoit que leur état d'aimantation puisse varier sous l'influence d'actions mécaniques telles que celles résultant des tremblements de terre, ou même sous l'influence des mouvements vibratoires de très faible amplitude constituant ce qu'on appelle l'agitation microséismique. Il peut varier aussi sous l'influence des champs magnétiques variables constituant les perturbations magnétiques.

On a souvent signalé, dans des pays à forte séismicité comme le Japon, des changements dans la distribution du champ magnétique terrestre, changements attribués aux tremblements de terre. Dans ces variations peuvent intervenir des déplacements de couches plus ou moins aimantées; mais je pense que peuvent intervenir aussi des variations de l'aimantation sous l'action des vibrations mécaniques résultant du tremblement de terre. D'ailleurs, s'il y a déplacement ou changement d'orientation de roches plus ou moins magnétiques, l'aimantation qu'elles prennent sous l'action du champ magnétique dans lequel elles se trouvent ensuite placées est influençable par les vibrations.

L'étude des anomalies du champ magnétique terrestre manifeste aussi des variations de ces anomalies dans des régions à faible séismicité. J'ai signalé, par exemple, une déformation du champ magnétique terrestre en Bretagne ([2]); L. Eblé considère comme vraisemblable une petite évolution de l'anomalie du bassin de Paris ([3]); J. Coulomb, étudiant en détail l'anomalie du Puy-de-Dôme, lui a trouvé une répartition différant de manière assez notable de celle obtenue autrefois par Brunhes ([4]); J.-P. Rothé donne d'autres exemples dans un travail récent ([5]). On a pensé, pour interpréter ces variations, à une altération des roches, à des mouvements lents, à des mouvements profonds reliés à la séismicité. Mais là encore, les

([2]) *Comptes rendus*, 178, 1924, p. 721.

([3]) *Annales de l'Institut de Physique du Globe de Paris*, 3, 1925, p. 92; *Congrès des Sociétés savantes à Clermont-Ferrand*, 1931, Section des Sciences, p. 269.

([4]) *Bulletin de l'Institut et Observatoire de Physique du Globe du Puy de Dôme*, 6, 1933, p. 88.

([5]) *Annales de l'Institut de Physique du Globe de Paris*, 15, 1937, p. 104.

variations d'aimantation, sous l'influence de vibrations (petits séismes, agitation microséismique) et de champs magnétiques variables (perturbations magnétiques), jouent probablement un rôle.

E. Thellier a signalé récemment ([6]) l'instabilité de l'aimantation des basaltes. Cette observation rend vraisemblable une intervention assez générale des vibrations mécaniques et des perturbations magnétiques dans l'état d'aimantation des matériaux de la croûte terrestre, et ainsi dans la distribution du champ magnétique terrestre.

Relativement à l'action des perturbations magnétiques, on peut remarquer que le champ magnétique qui leur correspond change momentanément plus ou moins la direction du champ magnétique terrestre en même temps que son intensité, d'où une diversité possible dans les variations de l'état d'aimantation dues à ces perturbations.

THERMODYNAMIQUE EXPÉRIMENTALE. — *Sur la courbure du diamètre des densités.* Note ([1]) de M. **Émile Mathias.**

1. Revenons sur le beau Mémoire consacré par M. Sydney Young à la loi de Cailletet et Mathias ([2]) et montrons que l'appareil de démonstration utilisé comporte trois idées, dont la dernière a échappé à l'honorable savant anglais.

La première idée, la plus simple, est que, sauf pour le pentane et l'hexane normaux, la courbure, si faible soit-elle, existe en tous les points du diamètre des densités. Il en est ainsi pour les alcools et, loin du point critique, pour les autres corps, comme nous l'avons nous-mêmes signalé. Pour l'établir en tous les points, il suffisait d'invoquer le principe de continuité. Afin de le démontrer péremptoirement, Sydney Young emploie une représentation où le rapport de l'unité d'ordonnée à l'unité d'abscisse est énorme. Le diamètre apparaît alors comme une ligne parabolique fortement courbée.

2. La deuxième idée est celle d'une *classification des substances.* Mettant

([6]) *Comptes rendus*, 204, 1937, p. 876.

([1]) Séance du 5 avril 1937.

([2]) *Phil. Mag.*, 5e série, 50, 1900, p. 291.

les uns sous les autres les diamètres (³) des 30 corps (organiques sauf $SnCl^4$) qu'il avait purifiés et étudiés de 0°C. à la température critique, les schémas étant tous à la même échelle et *rangés dans l'ordre croissant de la grandeur que nous appelons tous deux a*, on observe ceci :

Pour $a < 0,931$, les paraboles sont, sur la majeure partie de leur étendue, *au-dessous* de l'axe des abscisses, et pour $a > 0,931$ toutes *au-dessus*, les déviations suivant fidèlement le module et le signe de la différence $(a - 0,931)$, 0,931 étant la valeur de a pour le pentane normal.

Le tableau II du mémoire cité, en donnant, pour les 30 corps, les valeurs des coefficients de la formule $D_t = D_0 + \alpha t + \beta t^2$ (et exceptionnellement de $D_t = D_0 + \alpha t + \beta t^2 + \gamma t^3$), précise la classification, β suivant fidèlement le module et le signe de la différence $(a - 0,931)$.

Ceci, avec quelques fluctuations naturellement, et aussi cette complication que l'hexane normal $(a = 0,966)$ a un diamètre rigoureusement rectiligne comme le pentane normal, et que les corps dont les valeurs de a oscillent entre 0,931 et 0,966 échappent aux règles qui précèdent. Oublions ces difficultés pour ne voir aujourd'hui que la belle simplicité qui subsiste quand on ne considère que les valeurs de a plus petites que 0,931 ou plus grandes que 0,966.

Oublions encore que, pour les trois alcools (méthyl-éthyl-propylique), il a fallu employer la formule en t^3. Alors les diamètres, obéissant à la formule en t^2, sont tous des arcs de parabole *dont la courbure a le même signe en tous les points*, la valeur absolue de celle-ci étant maxima au point critique et diminuant constamment quand la température s'abaisse.

Le professeur S. Young n'a pas cherché à interpréter la formule en t^3 des trois alcools; elle détruisait la belle simplicité qui précède en introduisant un point d'inflexion dans le diamètre des 27 autres corps, point d'inflexion réel ou virtuel selon qu'il est situé dans le domaine liquide ou dans les domaines extrêmes.

3. La troisième idée apparaîtra si nous remarquons que, dans l'appareil de démonstration précédent, la classification obtenue atteint trente gaz représentés chacun, à deux exceptions près, par des arcs de parabole étendus sensiblement à la totalité du domaine liquide, ces trente lignes ne

(³) Plus exactement : les dérivations du diamètre expérimental, par rapport au diamètre *rectiligne* $D_t = D_0 + \alpha t$, α étant le coefficient angulaire, négatif pour tous les corps, du diamètre *rectiligne*.

pouvant, du simple remplacement des variables p, v, t par leurs *valeurs réduites*, être ramenées à l'identité. En effet, les courbures des paraboles sont les unes positives, les autres négatives, les courbures critiques variant en valeur absolue dans le sens des valeurs de β, c'est-à-dire dans le sens des valeurs de a (¹).

En résumé, le schéma de S. Young représente chaque corps gazeux par un arc de parabole spécifique, *la courbure* variant d'une façon continue d'un corps à l'autre, en suivant à peu près fidèlement le module et le signe de la grandeur ($a - 0,931$), *d'où l'impossibilité absolue d'arriver à l'identité des diamètres paraboliques et l'impossibilité de pouvoir les superposer.*

Les 30 corps gazeux étudiés par S. Young sont donc faits chacun sur un plan différent irréductible aux autres, en sorte qu'on aboutit, ici encore, à la négation de la grande idée de l'illustre J.-D. van der Waals, suivant laquelle, les gaz de la nature étant faits sur le même plan, il suffit d'un changement de variables convenable pour amener leurs propriétés à l'identité.

Ainsi donc, on dispose de deux séries expérimentales comportant des recherches de très longue haleine :

1° Les 30 corps organiques (à $SnCl^4$ près) de S. Young, dont les diamètres sont envisagés uniquement comme des courbes paraboliques irréductibles entre elles; cette espèce ne comporte que des corps à points critiques élevés, a allant de 0,882 à 1,088.

2° La dizaine de gaz à points critiques très bas, étudiés par nous et nos collaborateurs au laboratoire Kamerlingh-Onnes de Leyde, et dont on a considéré à peu près uniquement le diamètre *rectiligne*.

Ces deux séries expérimentales aboutissent à la même conclusion générale de la plus haute importance.

Il était intéressant de mettre en évidence ce fait, que personne jusqu'ici n'avait encore remarqué.

M. **Selman A. Waksman** fait hommage à l'Académie d'un ouvrage intitulé *Principles of Soil Microbiology*.

(¹) $a = -\alpha T_c/\Delta$ est pour nous *le coefficient angulaire réduit du diamètre rectiligne*. Après avoir accepté cette conception, S. Young appelle $a = -\alpha T_c/\Delta$ le produit par $-T_c/\Delta$ du coefficient de t dans les formules de D_t en t^2 ou en t^3, réduites au premier degré par la suppression des termes en t^2 et en t^3.

PRÉSENTATIONS.

Dans la formation d'une liste de candidats à la Chaire de Zoologie vacante au Muséum national d'Histoire naturelle, pour la première ligne M. *Jacques Pellegrin* obtient 33 suffrages contre 15 à M. *Paul Chabanaud;* il y a 4 bulletins blancs.

Pour la seconde ligne M. *Paul Chabanaud* obtient 41 suffrages; il y a 3 bulletins blancs.

En conséquence la liste présentée à M. le Ministre de l'Éducation Nationale comprendra :

En première ligne........ M. **Jacques Pellegrin.**
En seconde ligne......... M. **Paul Chabanaud.**

CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° Nikola Tesla. *Livre commémoratif* à l'occasion de son 80e anniversaire.

2° J. Franc de Ferrière. *Géologie et Pédologie. Contribution à l'étude des formations quaternaires de la plaine d'Alsace.*

3° Santiago Antunez de Mayolo. *The Structure of Light* (présenté par M. L. de Broglie).

4° F. Brunet. *Œuvres médicales* d'Alexandre de Tralles. Tome III. *Les douze livres de Médecine* (suite) (présenté par M. M. de Broglie).

M. **Camille Gutton** prie l'Académie de vouloir bien le compter au nombre des candidats à l'une des places vacantes dans la Division des Académiciens libres.

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Sur les domaines invariants dans la représentation conforme*. Note (¹) de M. **Julius Wolff**, transmise par M. Émile Borel.

Soit C la circonférence d'un cercle dans le plan des z, de centre $O(z=0)$, D son intérieur et soit $z_1(z)$ une fonction qui représente D conformément sur un domaine D_1 intérieur à D et dont la frontière C_1 est intérieure à D, sauf un seul point α, qui est sur C. On suppose en outre que $z_1(0)=0$ et $z_1(\alpha)=\alpha$. Quand z parcourt D_1, z_1 parcourt un domaine D_2, contenu dans D_1 et dont la frontière C_2 est intérieure à D_1, au point α près. En continuant l'itération on obtient une suite de domaines emboîtés D, D_1, D_2 ... dont chacun contient O; α est le seul point commun aux frontières C, C_1, C_2, ... L'ensemble N commun à tous les D_k est le plus grand ensemble invariant pour la transformation $z_1=z_1(z)$.

N peut se réduire à un arc de courbe $O\alpha$ ou contenir des domaines; dans le dernier cas il peut ou non contenir un domaine $\mathfrak{n}$ dont $z=0$ et $z=\alpha$ sont des points-frontières.

Théorème. — *Si D_1 contient un disque circulaire tangent à C en α, N jouit de la même propriété et $\mathfrak{n}$ existe.*

En effet, par une homographie $z_1(z)$ devient une fonction qui représente le demi-plan $D(x>0)$ sur une partie D_1 de D contenant un demi-plan $x>a$ et dont la frontière C_1 ne rencontre la droite $x=0$ qu'au seul point $z=\infty$. De plus, $z_1(1)=1$ et $z_1(\infty)=\infty$. L'hypothèse faite sur D_1 entraîne l'existence d'une dérivée angulaire μ de $z_1(z)$ à l'infini, $0<\mu<1$. Pour $x>a$ la fonction inverse $z_{-1}(z)$ de $z_1(z)$ est holomorphe et à partie réelle >0. En posant $z_k=x_k+iy_k$ ces remarques conduisent à

$$x_{-1}>\mu^{-1}(x-a) \quad \text{pour } x \geqq a.$$

On déduit de cette inégalité que N contient le domaine Δ, défini par $x>a/(1-\mu)=b$, donc aussi tous les itérés Δ_k de Δ. La réunion $\mathfrak{n}$ des Δ_k fait donc partie de N et sa frontière contient les points $z=1$ et $z=\infty$, ce qui démontre le théorème.

(¹) Séance du 5 avril 1937.

CINÉMATIQUE. — *Sur une classe remarquable de mouvements de l'espace. Viration symétrique.* Note (¹) de M. **Josef L. Krames.**

Il existe un certain nombre de mouvements continus spéciaux, déjà étudiés en détail, qui peuvent être réunis sous un principe de génération commun. Il s'agit des mouvements d'un système mobile Σ dont les différentes positions sont les symétriques d'un système fixe Σ_f par rapport aux génératrices g d'une surface réglée Γ. Celle-ci sera dénommée *surface fondamentale.* Pour ces mouvements nous proposons le nom de *virations symétriques* (VS) parce qu'ils sont analogues aux *roulements symétriques* sur le plan ou sur la sphère, qui n'en sont que des cas particuliers. En partant des propriétés fondamentales des VS, on obtient des propriétés nouvelles et diverses relations remarquables, non encore signalées, relatives par exemple aux *mouvements à trajectoires cubiques ou sphériques.* Voici les résultats essentiels que j'ai obtenus sur ce sujet.

D'abord nous pouvons établir, en vertu d'un théorème de H. Wiener (²), les propriétés suivantes : *Chaque viration symétrique a pour axoïdes, fixe et mobile (surface de base et surface virante), la surface réglée conjuguée* ρ_f *de sa surface fondamentale* Γ *et une surface* ρ *égale à* ρ_f *qui vire sur* ρ_f. *Ces axoïdes sont constamment tangentes le long d'une tangente centrale de* Γ, *de sorte qu'elles sont symétriques par rapport à la génératrice correspondante* g *de* Γ. *Le pas du mouvement hélicoïdal tangent à la viration symétrique est égal au paramètre de distribution de* g. *Le mouvement inverse jouit des mêmes propriétés.* On en déduit diverses conséquences, par exemple pour les *podaires* d'une surface réglée quelconque (³). En effet toutes les trajectoires d'une VS sont homothétiques aux podaires de sa surface. Passons tout de suite aux cas particuliers les plus remarquables.

Si l'on suppose que Γ soit un *conoïde droit* d'axe a, la VS correspondante est un mouvement autour d'un axe fixe, c'est-à-dire qu'une droite

---

(¹) Séance du 8 mars 1937.

(²) *Leipziger Sitzungsberichte*, 42, 1890, p. 20. A propos de quelques cas spéciaux de VS, certaines parties des théorèmes énoncés ci-dessus ont déjà été effleurés. Voir par exemple G. T. Bennett, *Proc. London Math. Soc.*, 2ᵉ série, 10, 1912, p. 309-343.

(³) Cf. les théorèmes relatifs aux *faisceaux*, *réseaux* etc. *des podaires* d'une surface réglée qui sont établis dans E. Müller-J. Krames, *Konstruktive Behandlung der Regelflächen,* Leipzig und Wien, nº 21, 1931.

de Σ glisse constamment le long de a. Réciproquement, tout mouvement de cette espèce peut être regardé comme VS. Ainsi, un *conoïde hélicoïdal* détermine un *mouvement hélicoïdal*; *un paraboloïde hyperbolique équilatère détermine un mouvement à trajectoires cubiques circulaires droites* (cf. ci-dessous); *un conoïde droit à sphère directrice détermine le mouvement de Bricard, dans lequel tous les points de Σ décrivent des courbes sphériques du quatrième ordre* (4); enfin *un conoïde de Plücker détermine le cas particulier du mouvement de Darboux à trajectoires elliptiques* (5) *où toutes les ellipses ont la même excentricité.*

Lorsque *la surface fondamentale* Γ *est à plan directeur*, les axoïdes ρ_f et ρ sont des *cylindres* dont l'un vire sur l'autre. Par exemple, *lorsque* Γ *est un paraboloïde hyperbolique général, ces cylindres sont paraboliques.* Dans ce dernier cas, *les trajectoires de la* VS *sont des cubiques circulaires obliques* (6). Par exemple, nous pouvons démontrer cette propriété :

Toute surface réglée du troisième degré ayant un cône directeur de révolution peut être engendrée, et cela de ∞^1 manières, comme lieu d'une droite d d'un corps Σ animé d'une VS *à trajectoires cubiques circulaires. Pour certaines positions de d, l'un de ces mouvements est à trajectoires cubiques circulaires droites* (7).

Si l'on suppose que Γ *est un hyperboloïde à une nappe, la* VS *est le mouvement du système de la bielle d'un mécanisme de Bennett* (8). Soumis à ce mouvement, *l'axe central de la bielle engendre une surface réglée* Ψ *du quatrième degré ayant une génératrice double et deux droites directrices doubles.* Lorsque l'*isogramme* associé à ce mécanisme est *rectangulaire* (9), la surface Ψ est identique *au lieu des normales d'un tore le long d'un cercle de Villarceau* (10).

Le mouvement à deux hyperboloïdes orthogonaux, liés point par point, qui a été découvert, en même temps, par MM. E. Borel (11) et

(4) R. Bricard, *Comptes rendus,* 123, 1896, p. 939, et *J. Éc. Polyt.,* 2e série, 11, 1906, p. 1-93, VI.

(5) *Comptes rendus*, 92, 1881, p. 118-121.

(6) Cf. A. Grünwald, *Zeitschrift f. Math. Phys.*, 55, 1907, p. 264-296.

(7) Cf. J. Krames, *Sitzungsberichte Akad. Wien,* IIa, 132, 1923, p. 165-175.

(8) G. T. Bennett, *Engineering*, 67, 1903, p. 777-778.

(9) Cf. R. Bricard, *Nouv. Ann. Math.*, 5e série, 3, 1924, p. 308-313.

(10) Sur cette surface, voir par exemple E. Müller et J. Krames, *loc. cit.*, no 49.

(11) *Mémoires Savants étrangers,* Paris, 33, 1908, p. 1-128.

R. Bricard ([12]), *est aussi une* VS. *Sa surface fondamentale* Γ *et les axoïdes* ρ *et* ρ_f *sont du* 4ᵉ *degré, à savoir des surfaces trajectoires du mouvement particulier de Darboux mentionné ci-dessus.* On en déduit la raison véritable pour laquelle ils sont deux hyperboloïdes *orthogonaux* et *égaux* qui peuvent être liés point par point. *De plus, on reconnaît que les courbes planes, parcourues par les points de deux génératrices de l'hyperboloïde mobile, sont des limaçons et des ellipses* ([13]). Ces trajectoires particulières *subsistent même* dans le cas spécial du mouvement, étudié profondément par M. R. Bricard ([14]), *où les hyperboloïdes se décomposent en deux couples de plans rectangulaires.* Presque tous les autres mouvements à trajectoires sphériques déjà traités [([11])-([12])] sont aussi des VS.

Il y a encore quelques autres VS particulières déjà remarquées, par exemple le mouvement associé à l'*octaèdre articulé symétrique*, découvert par M. R. Bricard ([15]), dont un cas spécial s'était présenté récemment à propos de l'étude du *modèle de molécule du cyclohexane* ([16]). Plusieurs autres remarques et les développements détaillés seront publiés bientôt.

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *Mécanique de Dirac et dernier multiplicateur au sens de Jacobi.* Note de M. **René Dugas**, présentée par M. Louis de Broglie.

J'ai montré ([1]) que la densité de probabilité $\Psi^*\Psi$ en mécanique ondulatoire simple pouvait s'interpréter comme un dernier multiplicateur au sens de Jacobi d'un système différentiel dans l'espace de configuration.

En mécanique de Dirac, la densité de probabilité s'écrit $\Psi_k^*\Psi_k$ (avec sommation de 1 à 4 pour l'indice muet k). L'intégrale

$$\iiint \Psi_k^*\Psi_k\, d\sigma,$$

([12]) *J. Éc. Pol., loc. cit.*, Chap. VIII. Cf. le *Rapport de la Commission* (prix Vaillant), *Comptes rendus*, 139, 1904, p. 1066-1070.

([13]) Il est curieux que ce fait n'ait pas été remarqué par MM. E. Borel et R. Bricard.

([14]) *J. de Math.*, 5ᵉ série, 4, 1898, p. 409-450.

([15]) *J. de Math.*, 5ᵉ série, 3, 1897, p. 132, Cf. G. T. Bennett, *loc. cit.*

([16]) F. Kohlrausch et W. Stockmair, *Zeitschrift phys. Chemie*, 31, 1936, p. 382-401, § 4 et 7.

([1]) *Comptes rendus*, 204, 1937, p. 749.

étendue à tout l'espace de configuration (q_1, q_2, q_3), est invariante par rapport au temps. L'équation

$$(1)\qquad \frac{\partial}{c\,\partial t}(\Psi_k^\star \Psi_k) - \frac{\partial}{\partial q_1}(\Psi_k^\star \alpha_1 \Psi_k) - \frac{\partial}{\partial q_2}(\Psi_k^\star \alpha_2 \Psi_k) - \frac{\partial}{\partial q_3}(\Psi_k^\star \alpha_3 \Psi_k) = 0,$$

qui traduit cette invariance, montre que $\Psi_k^\star \Psi_k$ *est un dernier multiplicateur au sens de Jacobi du système*

$$(2)\qquad \frac{c\,dt}{\Psi_k^\star \Psi_k} = \frac{-dq_1}{\Psi_k^\star \alpha_1 \Psi_k} = \frac{-dq_2}{\Psi_k^\star \alpha_2 \Psi_k} = \frac{-dq_3}{\Psi_k^\star \alpha_3 \Psi_k}.$$

Ce système entraîne le suivant :

$$(3)\qquad \iiint \Psi_k^\star \Psi_k \frac{dq_r}{dt}\,d\sigma = \overline{\left(\frac{dq_r}{dt}\right)} = -c\iiint \Psi_k^\star \alpha_r \Psi_k\,d\sigma \qquad (r = 1, 2, 3),$$

qui donne encore la vitesse du centre de gravité G de la probabilité. Mais, contrairement à ce qui se passe en mécanique ondulatoire simple, le théorème d'Ehrenfest tombe ici en défaut; en particulier, en l'absence de champ, on ne retombe plus sur le principe de l'inertie : au lieu d'être animé d'un mouvement rectiligne et uniforme, le point G oscille autour d'un tel mouvement en vertu du *tremblement de Schrödinger*, conséquence directe de l'équation (3).

Conclusion générale. — *a.* Ainsi donc, tant en mécanique ondulatoire simple qu'en mécanique de Dirac, la densité de probabilité peut être considérée comme un dernier multiplicateur, au sens de Jacobi, d'un système différentiel dans l'espace de configuration [2]; le seul intérêt de cette remarque immédiate réside dans le fait que c'est précisément ce système différentiel qui offre, dans la mesure où cela est possible, un raccordement statistique avec la dynamique classique, ou relativiste, correspondante.

b. Dans la quantification, au sens de Schrödinger, d'un système placé dans un champ statique, l'amplitude a de l'onde est supposée continue, uniforme, finie et nulle aux limites du domaine considéré dans l'espace de configuration [3]. En vertu de $a^\star a = \Psi^\star \Psi$, ces régularités s'étendent à la densité de probabilité qu'exprime le dernier multiplicateur. Des discon-

---

[2] En mécanique de Dirac, la densité de probabilité $\Psi_k^\star \Psi_k$ peut se réduire à la forme $\Psi^\star \Psi$ dans l'espace (q_1, q_2, q_3, ζ) à 4 dimensions, où ζ est la variable de spin.

[3] Certaines généralisations supposent, il est vrai, seulement que les fonctions d'ondes sont uniformes et de carré sommable.

tinuités quantiques *corrélatives* s'introduisent alors dans les valeurs propres de l'énergie. Ceci est lié à la définition quantique de l'état d'un système. Si, au contraire, avec Poincaré, on voulait continuer à définir cet état dans l'espace d'extension en phase, la loi de Planck obligerait à adopter une densité de probabilité, et partant un dernier multiplicateur, *essentiellement discontinue*.

ÉLECTRICITÉ. — *Sur le phénomène de la saturation électrique positive.* Note [1] de M. **Arcadius Piekara**, transmise par M. Aimé Cotton.

Tous les faits observés jusqu'à présent sur la saturation électrique dans les liquides ont été en accord qualitatif avec la théorie de Debye. La diminution de la constante diélectrique sous l'action du champ électrique, trouvée expérimentalement, n'était pour la majorité des liquides examinés qu'une petite fraction (un millième) de l'effet calculé. D'ailleurs ce désaccord quantitatif n'est pas étonnant, parce que la théorie admet la liberté du mouvement rotatoire des molécules, ce qui n'a pas lieu dans les liquides. Debye lui-même a essayé de rétablir l'accord entre la théorie et l'expérience, en introduisant dans la théorie les forces intermoléculaires contrariant la rotation des molécules [2].

En admettant que la molécule a une énergie potentielle de la forme $-E_1 \cos \vartheta$, où ϑ est l'angle entre le dipôle et un axe instantané qui peut prendre toutes les directions possibles, Debye a trouvé que dans son ancienne formule deux facteurs de réduction R et R^* s'introduisent de telle sorte que

$$\overline{\overline{m}} = \frac{\mu^2 E_0}{3kT} R - \frac{\mu^4 E_0^3}{45 k^3 T^3} R^*; \tag{1}$$

$\overline{m}$ étant la valeur moyenne statistique de la composante du moment électrique dans la direction du champ E_0. R et R^* sont des fonctions de $y_1 = E_1/kT$. Nous ne les explicitons pas ici, nous nous bornerons seulement à indiquer que ces deux facteurs sont *positifs* pour toutes les valeurs de y_1. R^*, comme l'on voit, est responsable de la diminution de l'effet de la saturation électrique, qui s'exprime par la formule

$$\Delta\varepsilon = -12\pi n \left(\frac{\varepsilon+2}{3}\right)^4 \frac{\mu^4 E^2}{45 k^3 T^3} R^*, \tag{2}$$

($\Delta\varepsilon$ désigne la diminution de la constante diélectrique ε, n — le nombre de molécules dans 1^{cm^3}, $E = E_0\, 3/\varepsilon + 2$).

---

(1) Séance du 31 mars 1937.

(2) P. Debye, *Phys. Zeitschr.*, 36, 1935, p. 100 et 193.

Nous avons trouvé dernièrement ([3]), en étudiant les solutions de nitrobenzène dans le benzène, que pour une concentration de 93 pour 100 l'effet de la saturation électrique change de signe, devient positif et augmente ensuite très brusquement avec la concentration ([4]). Cet effet est très sensible à des traces d'humidité, de telle sorte qu'avec du nitrobenzène moins soigneusement purifié on peut obtenir un effet beaucoup plus petit ou même négatif ([5]). Avec l'échantillon le plus pur (conductibilité $=4{,}4.10^{-11}$ ohm^{-1}.cm^{-1}), et pour un champ de 35000 volt/cm, nous avons obtenu $\Delta\varepsilon = +2{,}4.10^{-3}$. On peut en conclure qu'avec du nitrobenzène encore plus pur, on pourrait obtenir un effet encore plus grand. La formule (2) nous montre que pour le nitrobenzène, le facteur de réduction R est *négatif*, ce qui n'est pas explicable dans la théorie de Debye. Si l'on admet pour $\Delta\varepsilon$ le nombre $+2{,}4.10^{-3}$, on obtient ([6]) $R = -0{,}44.10^{-3}$.

Ayant trouvé cet effet positif, nous avons pensé d'abord qu'on pourrait le rattacher à une déformation des molécules sous l'action du champ extérieur. C'est pourquoi nous avons repris les mesures en employant le nitrobenzène en solutions très diluées dans différents solvants. En effet, dans ces conditions, on peut compter que la déformation moléculaire apparaîtra sans être sensiblement troublée par les actions intermoléculaires. Or, nous avons bien pu mettre en évidence cet effet de la déformation moléculaire, mais nous avons constaté qu'il provoque une *diminution* supplémentaire de la constante diélectrique.

Admettons qu'outre les forces de Debye (forces contrariant la rotation), s'exercent sur les molécules du liquide des *forces de couplage*, qui tendent à coupler les molécules deux à deux, malgré l'action antagoniste de l'agitation thermique. Posons, en première approximation, que l'énergie potentielle due à ces forces s'exprime par $-E_2\cos\alpha$, où α désigne l'angle entre le moment de la molécule envisagée et un axe dirigé suivant le moment de la molécule la plus voisine. Si l'on calcule $\overline{\overline{m}}$, en laissant de côté les forces de Debye, on obtient la formule (1), où R et R* s'expriment par

---

([3]) A. PIEKARA et B. PIEKARA, *Comptes rendus*, 202, 1936, p. 852.

([4]) Dans la figure de la Note citée, un point de la courbe a été omis : pour la concentration de 97,6 pour 100,

$$\Delta\varepsilon = +38.10^{-4} \qquad (E = 70000 \text{ volts/cm}; \quad t = 21^\circ).$$

([5]) Voir le tableau de la Note citée.

([6]) Les valeurs de μ, ε et d (pour $t = 20^\circ$) sont tirées d'un travail précédent (A. PIEKARA, *Bull. Ac. Pol.*, A, 143, 1933, p. 333).

les formules

(3) $$R = 1 - L,$$

(4) $$R^* = (1 - 6L + 3L^2) + 2L^3 + 6\frac{L}{y_2}(2L - 1) + \frac{18}{1+L}\frac{L^2}{y_2^2},$$

L désigne la fonction de Langevin

$$L = \coth y_2 - \frac{1}{y_2},$$

où $y_2 = E_2/kT$. Une propriété particulière du facteur R^* est que pour les valeurs de $y_2 > 1,34$ il devient *négatif* et reste en valeur absolue très petit par rapport à 1. Ainsi l'existence de l'effet positif est justifiée. On peut calculer R^* pour le nitrobenzène. Il ne faut pas s'attendre à un accord quantitatif avec l'expérience; d'une part on a laissé de côté les forces de Debye ([7]), d'autre part, nous ne connaissons pas la valeur de $\Delta\varepsilon$ pour le nitrobenzène parfaitement pur. D'après les mesures de la polarisation diélectrique ([8]) on peut calculer L en utilisant la formule (3). On obtient (pour $t = 20°$) $L = 0,84$, d'où $y_2 = 6,3$; cela donne $R^* = -12.10^{-3}$ (cette valeur sera abaissée par l'introduction des forces gêne de rotation).

Pour terminer nous voudrions indiquer le sens physique de notre interprétation de la saturation positive. Un couple moléculaire, instantanément formé par deux molécules qui se sont rapprochées par hasard, ayant lui aussi un certain moment électrique, tend à se diriger suivant le champ extérieur. Mais le champ agit sur les deux partenaires du couple, ce qui provoque un petit changement de l'angle qu'ils forment entre eux. Statistiquement il en résulte une augmentation du moment. Quand elle surpasse la diminution due à l'effet de l'orientation, un effet positif apparaît.

ÉLECTRONIQUE. — *Étude spectrographique des électrons de conductibilité du magnésium et du silicium.* Note ([1]) de M. **Jules Farineau**, présentée par M. Charles Fabry.

On sait que des atomes d'un même élément, se réunissant pour former un cristal conducteur, mettent en commun leurs électrons extérieurs, qui

---

([7]) Les calculs seront publiés ailleurs.

([8]) Voir A. Piekara, *loc. cit.*; le degré de l'association (η) correspond dans ce travail à $1 - R$.

([1]) Séance du 5 avril 1937.

jouent alors un rôle fondamental dans la conductibilité électrique du cristal.

Ces électrons, tombant sur un niveau inférieur d'un des atomes du cristal, émettent une raie X large; la répartition de l'intensité, à l'intérieur de cette raie, donne des renseignements précis sur la répartition des énergies de ces électrons. Ces raies sont bien différentes des raies optiques ou des raies X de courte longueur d'onde, les règles de sélection en particulier ne s'y appliquent plus; notamment la raie $K\beta_x$ du magnésium, qu'on obtient avec une belle intensité, serait interdite par ces règles.

Nous avons étudié le spectre K du magnésium pur, obtenu à basse température, à l'aide d'un spectrographe dans le vide, à cristal de quartz ou de mica courbé, et la raie L de ce même corps, à l'aide d'un spectrographe dans le vide à réseau concave tangent.

La raie $K\beta_x$ dont le bord de courte longueur d'onde est situé à 9,496 Å présente une largeur de $7,5 \pm 0,5$ eV; l'analyse précise de cette raie au microphotomètre montre que son intensité croît, en partant de zéro, à partir du bord de grande longueur d'onde d'une façon régulière, sauf entre 4 et 6 eV de ce bord, où apparaît une ondulation dont l'amplitude ne dépasse pas 8 pour 100 de l'intensité totale. Le maximum d'intensité de la raie est situé sur le bord même de cette courte longueur d'onde.

La concavité de la courbe obtenue avec le microphotomètre et indiquant l'allure de l'intensité en fonction de la longueur d'onde est tournée vers le haut du graphique.

La raie L dont le bord de courte longueur d'onde est situé à 251 Å a une largeur de $8,5 \pm 1,5$ eV; elle présente, étudiée au microphotomètre un aspect assez voisin de la raie $K\beta_x$, mais avec les différences suivantes : la courbe donnant l'allure de l'intensité en fonction de la longueur d'onde a sa concavité tournée vers le bas et présente sur le bord même de courte longueur d'onde un maximum beaucoup plus aigu lui donnant l'aspect qu'on aurait, en supposant qu'une raie fine est venue, en cet endroit, se superposer à la raie large; le grain, et les différences de sensibilité d'un point à un autre des plaques Schumann qui font que deux enregistrements de la même raie ne sont jamais absolument identiques, empêchent d'affirmer avec certitude l'existence d'une ondulation analogue à celle observée sur la raie K.

Si l'on admet que les deux électrons M du magnésium sont libres, on trouve que ces électrons doivent occuper, dans le métal, une bande d'énergie de 7,3 électron-volts, valeur qui est en bonne concordance avec le nombre expérimental indiqué précédemment.

Houston [2], pour une raie K, et Hautot [3] pour une raie L, ont calculé la répartition de l'intensité dans l'hypothèse des électrons libres. Les courbes expérimentales que nous avons obtenues sont tout à fait semblables, en ne tenant pas compte de l'ondulation observée sur la raie K, à celles calculées.

On sait que le magnésium cristallise dans le système hexagonal compact; nous avons montré [4] que, dans ce système, on retrouvait des *zones* tout à fait analogues à celles obtenues par L. Brillouin dans le système cubique; on doit donc voir dans les raies l'influence de ces zones [5]. Or, le calcul montre que les perturbations dues à ces zones doivent se produire autour des distances suivantes du bord de grande longueur d'onde : 5, 5,6 et 6,3 électron-volts, ce qui correspond, à très peu près, à la région perturbée de la raie $K\beta_x$.

La raie $K\beta_x$ du silicium cristallisé que nous avons obtenue à basse température a une largeur de 18 électron-volts $\pm 1,5$ mais contrairement au magnésium, le maximum d'intensité a lieu à 4 électron-volts du bord de courte longueur d'onde, l'intensité décroissant de chaque côté de ce maximum pour tomber à zéro aux deux extrémités.

Dans l'hypothèse où le silicium aurait 4 électrons libres, on obtiendrait pour la largeur de cette raie : 13,5 électron-volts, et l'intensité devrait tomber brusquement à zéro au bord de courte longueur d'onde. On voit donc que les électrons extérieurs du silicium sont dans un état assez éloigné de la liberté, ce qui correspond bien à la faible conductibilité de ce corps à basse température.

Nous voyons donc, en résumé, que les électrons extérieurs du magnésium, métal bon conducteur, sont dans un état très voisin de la liberté, les perturbations dues aux zones de Brillouin y sont faibles mais nettes, alors que le silicium, beaucoup plus mauvais conducteur, a ces mêmes électrons dans un état beaucoup plus éloigné de la liberté.

---

(2) *Physical Review*, 38, 1931, p. 1797.
(3) *Bulletin de la Société Royale des Sciences de Liége*, 12, 1936, p. 261.
(4) *Bulletin de la Société Royale des Sciences de Liége*, 3, 1937, p. 111.
(5) Farineau, *Bulletin de la Société Royale des Sciences de Liége*, 1, 1937, p. 24.

SPECTROSCOPIE. — *Étude de quelques borates et de quelques oxydes dans l'infrarouge lointain.* Note de M. **Maurice Parodi**, présentée par M. Aimé Cotton.

Nous avons utilisé la méthode des rayons restants. Le récepteur était un radiomicromètre de Schmidt et Haensch, la source de radiation un bec Auer.

Les rayons restants dont on fit usage sont ceux des substances suivantes :

Substances.	Écrans (1mm de paraffine dans tous les cas).	Longueur d'onde moyenne en microns.
Quartz	1cm KCl, 2mm de paraffine	20,75
Fluorine	0cm,5 KCl, 1mm,2 KBr	23
Fluorine + calcite (‖)	3mm KBr	27,3
Marbre	rien	29,4
Blende	2mm de paraffine	30,9
Fluorine	0mm,4 de quartz	33
Aragonite (⊥)	»	39
Strontianite (⊥)	»	43,5
Withérite (⊥)	»	46,5
Sel gemme	»	52
Bromure d'ammonium	»	58
Sylvine	»	63

I. *Borates.* — Nous avons examiné les borates de calcium, de potassium, de manganèse, de cuivre et de plomb.

Pour étudier leurs transmissions, nous les avons pulvérisés et déposés sur une plaque de paraffine (Kahlbaum, P. F. 68-70°).

D'autre part nous avons réalisé, par fusion, des plaques de borate de potassium, de plomb et de calcium qui, une fois polies, nous ont permis d'étudier le pouvoir réflecteur de ces corps.

Le résultat de cette étude nous conduit à distinguer, tant en absorption qu'en réflexion, comme le montre le tableau suivant, trois groupes de bandes (longueurs d'onde en microns) :

Borate étudié.	Bandes de transmission.				Bandes de réflexion.		
Borate de Ca	27,4	30,8	40	52	31	42	47,5
» K	–	28	39	52	29	35	48
» Mn	–	30	43	52	–	–	–
» Cu	–	30	38	52	–	–	–
» Pb	–	30,8	43	52	33	44	47

Ces borates avaient été étudiés par M. K. Sen et A. K. Sen Gupta [1] qui, dans le proche infra-rouge, avaient distingué pour chacun d'eux trois groupes de bandes de fréquences sensiblement égales à quatre fois celles des bandes que nous avons observées. L'étude du borate de calcium nous donne par transmission une bande supplémentaire à $27^{\mu},4$ que nous croyons due à CaO.

II. *Oxydes.* — Pour interpréter ces résultats nous avons étudié la transmission de quelques oxydes.

L'étude de CaO nous a indiqué une bande à 27^{μ}, ce qui confirme ce que nous venons de dire. S. Tolksdorf [2] avait prévu une bande à 22^{μ}. Nous avons cherché à retrouver notre résultat par la méthode théorique de Born avec les modifications nécessitées par la bivalence des ions. En utilisant les constantes que nous avons déterminées dans un précédent travail [3], nous avons trouvé une longueur d'onde fondamentale de 25^{μ}.

L'étude de la transmission de PbO nous indique une bande à $30^{\mu},8$ qui est confondue avec celle observée pour le premier groupe de vibration du borate de plomb.

La transmission de CuO nous donne une bande à 38^{μ} qui coïncide avec celle observée pour le second groupe de vibration du borate correspondant.

Enfin nous avons étudié la transmission de l'oxyde de zinc et nous avons trouvé deux bandes à 22,4 et 30^{μ} ce qui concorde avec ce qu'avait prévu Tolksdorf (*loc. cit.*) et observé J. Strong [4] dans l'étude du pouvoir réflecteur de la Zincite.

SPECTROSCOPIE. — *Calcul des fréquences de vibration de la molécule* N^2O^4. Note de M. **Jules Duchesne**, présentée par M. Paul Langevin.

G. B. B. M. Sutherland [1] a discuté les spectres infrarouge et Raman de la molécule N^2O^4 et a admis, pour les mouvements plans, les fréquences

(1) *Indian Journ. Phys.*, 9, 1935, p. 433.
(2) *Zeits. f. phys. Chem.*, 132, 1928, p. 161.
(3) *Comptes rendus*, 202, 1936, p. 302.
(4) *Phys. Rev.*, 38, 1931, p. 1818.

(1) G.-B.-B.-M. Sutherland, *Proc. Roy. Soc.*, 141, 1933, p. 342.

fondamentales suivantes :

(I).	(II).	(III).	(IV).
$\nu_2 = 1360\ \mathrm{cm}^{-1}$,	$\nu_1 = 1265\ \mathrm{cm}^{-1}$,	$\nu_5 = 1749\ \mathrm{cm}^{-1}$,	$\nu_6 = 1724\ \mathrm{cm}^{-1}$,
$\nu_4 = 813\ \mathrm{cm}^{-1}$,	$\nu_3 = 752\ \mathrm{cm}^{-1}$,	$\nu_9 = 380$ ou $680\ \mathrm{cm}^{-1}$,	$\nu_{10} = 500\ \mathrm{cm}^{-1}$.
$\nu_8 = 283\ \mathrm{cm}^{-1}$,			

R. Schaffert (²) a observé les fréquences infrarouges suivantes :

$$\nu_5 = 1754\ \mathrm{cm}^{-1}, \quad \nu_3 = 752\ \mathrm{cm}^{-1}, \quad \nu_1 = 1274\ \mathrm{cm}^{-1}.$$

J. M. Delfosse (³) a établi les relations quantitatives entre les fréquences fondamentales correspondant aux mouvements plans et les forces de liaison des molécules du type éthylénique.

En introduisant dans les relations de Delfosse les valeurs des quatre groupes de fréquences, on est conduit à un système de neuf équations à quatre inconnues. Les valeurs les plus satisfaisantes sont

$$F = 1,50.10^5\ \text{dynes/cm}; \quad f = 8,83.10^5\ \text{dynes/cm};$$
$$\gamma = 1,27.10^5\ \text{dynes/cm}; \quad \Gamma = 1,63.10^5\ \text{dynes/cm}.$$

f, force de liaison N — O; F, force de liaison N — N;

γ, force de déformation $O - \hat{N} - O$; Γ, force de déformation correspondant à la variation de l'angle formé par la bissectrice de $O - \hat{N} - O$ et l'axe N — N de la molécule.

Les dimensions moléculaires proviennent des mesures par la diffraction électronique (⁴) : distance N — N = 1,6 Å; distance N — O = 1,15 Å; $O - \hat{N} - O = 120°$.

C. Manneback et A. Verleysen (⁵) ont obtenu pour C^2H^4 une fonction potentielle plus précise, dans laquelle interviennent les quatre forces de liaison et de déformation, ainsi que sept paramètres d'interaction (si l'on néglige g_i) : f', f'', f''', γ', Γ', γ_c, f_c.

Si l'on pose

$$\varphi_1 = f + f' + f'' + f''', \quad \varphi_3 = f - f' + f'' - f''', \quad \tfrac{1}{2}\gamma_1 = \gamma + \gamma', \quad {}^2\Gamma_3 = \Gamma - \Gamma',$$

$$\varphi_2 = f + f' - f'' - f''', \quad \varphi_4 = f - f' - f'' + f''', \quad \tfrac{1}{2}\gamma_2 = \gamma - \gamma', \quad {}^2\Gamma_4 = \Gamma + \Gamma',$$

on obtient d'abord, avec les trois fréquences du premier groupe, trois équations pour déterminer F, φ_1, γ_1, γ_c, f_c.

(²) *J. Chem. Phys.*, 1, 1933, p. 507.
(³) *Ann. Soc. Sc. Bruxelles*, 55, 1935, p. 114.
(⁴) Maxwell, Mosley et Deming, *J. Chem. Phys.*, 2, 1934, p. 331.
(⁵) *Ann. Soc. Bruxelles*, 56, 1936, p. 349.

Il subsiste donc nécessairement une indétermination. Une évaluation peut paraître assez arbitraire; il semble cependant qu'en raison de leur signification physique, on peut en donner une première approximation. Notons que, d'une façon indépendante, Sutherland [1] a trouvé pour F la valeur $1,5.10^5$ dynes/cm, qui concorde avec les nôtres $F = 1,50$ et $1,56$.

Les trois derniers groupes de fréquences comportent six équations pour déterminer φ_2, φ_3, φ_4, γ_2, Γ_3, Γ_4, dans ce cas le système n'est plus indéterminé.

Nous obtenons ainsi les valeurs suivantes pour les forces de liaison et de déformation et pour les paramètres d'interaction, que nous comparons à ceux de C^2H^4 :

	Forces de liaison.	
	N^2O^4.	C^2H^4.
F	1,56	8,674
f	8,95	4,9903
	Forces de déformation.	
γ	1,50	0,5957
Γ	1,78	0,8576

	Paramètres d'interaction.	
	N^2O^4.	C^2H^4.
f'	−0,65	−0,0315
f''	0,87	0,00048
f'''	0,08	−0,0725
γ'	−0,08	0,0492
Γ'	−0,48	−0,1774
γ_c	0,135	−0,5245
f_c	0,446	−0,8131

Dans le tableau ci-dessous sont données les fréquences observées et celles calculées par les formules de Delfosse et de Manneback et Verleysen.

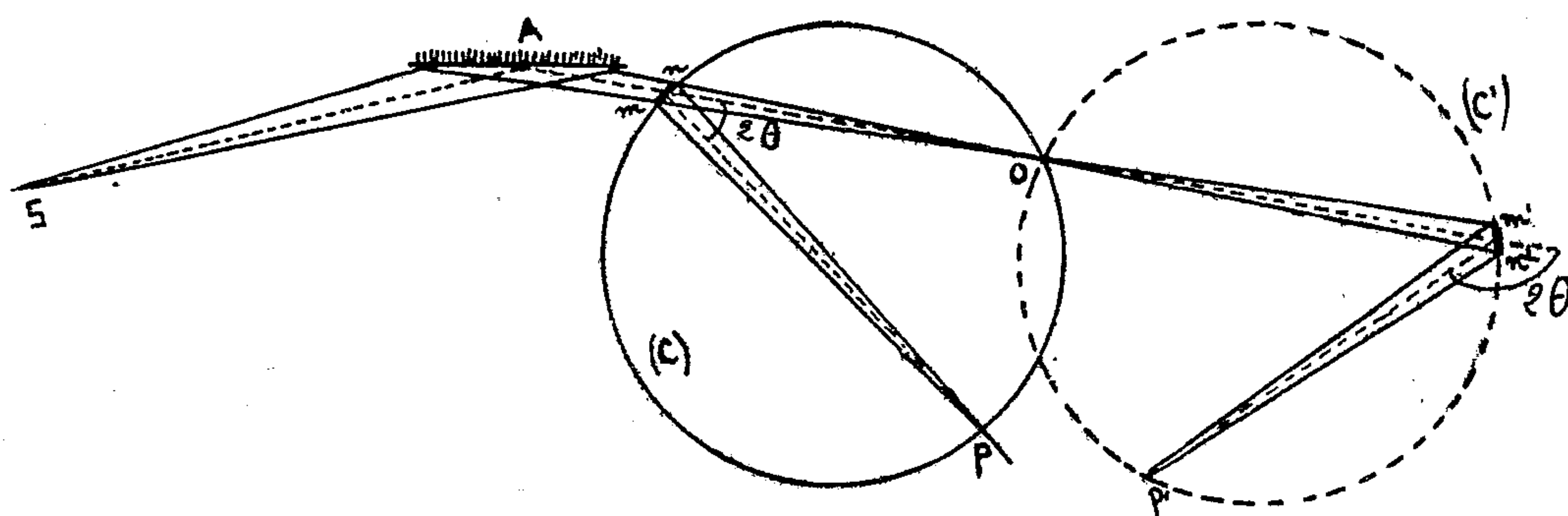
	Fréquences observées (en cm^{-1}.)	Fréquences calculées — (fonctions de Delfosse).	Fréquences calculées (fonctions de Manneback et Verleysen).
		Premier groupe.	
1	1360	1378	1350
2	813	787	820
3	283	283	285
		Deuxième groupe.	
4	1265	1307	1265
5	752	720	752
		Troisième groupe.	
6	1749	1620	1749
7	380	320	380
		Quatrième groupe.	
8	1724	1892	1724
9	500	479	500

Si l'on pose $\nu_9 = 680$ cm^{-1}, on ne peut trouver un système de forces de liaison acceptable. ν_9 est donc certainement égale à 380 cm^{-1}.

RAYONS X. — *Dispositif permettant d'obtenir des diagrammes de diffraction de poudres cristallines très intenses avec un rayonnement monochromatique.* Note (1) de M. **André Guinier**, présentée par M. Charles Mauguin.

La présente Note a pour objet la description d'une méthode d'obtention de diagrammes de diffraction de poudres cristallines ou de corps amorphes présentant les caractères suivants : le rayonnement employé est rendu monochromatique par réflexion sur un cristal, les temps de poses néanmoins sont très courts, et enfin l'élimination de tout rayonnement parasite donne des clichés purs et permet, en prolongeant la pose, de faire apparaître des raies très faibles.

Le monochromateur A (*fig.* 1) est un cristal courbé utilisé par réflexion,



du type décrit par Johannson (2). On entaille une lamelle cristalline de façon à lui donner une surface cylindrique de rayon R, on courbe ensuite cette lame sur un cylindre de rayon R/2. Dans ces conditions, la focalisation est théoriquement parfaite; pratiquement on peut employer des faisceaux à bien plus grande ouverture que ne le permettrait une lame simplement courbée, surtout pour les incidences faibles utilisées. Le cristal choisi était du quartz taillé parallèlement au plan $10\bar{1}1$, R était égal à 50^{cm}. Si en un point S du cercle de rayon R/2 on place une fente, ou mieux l'anticathode elle-même, en opérant de façon que la tache cathodique soit vue de A sous un très petit angle, on obtiendra par réflexion un faisceau monochromatique convergent en O, symétrique de S. Il est essen-

(1) Séance du 5 avril 1937.

(2) *Zeit. f. Phys.*, 82, 1933, p. 587.

tiel que la source et le cristal soient rigidement liés, la luminosité de l'appareil étant très sensible à de petits déréglages.

Soit (C) un cylindre à génératrices verticales passant par O : si, à l'endroit *mn* où le faisceau coupe le cylindre, on place une couche diffractante, les rayons diffractés par tout point de cette couche sous un même angle 2θ, dans un plan horizontal, viendront converger sur une génératrice P du cylindre (C). Il suffit donc d'enrouler un film sensible sur le cylindre (C) pour obtenir le diagramme de diffraction de la substance placée en *mn*.

Le résultat est valable quel que soit le cylindre, pourvu qu'il passe par O : du rayon choisi dépendra la dispersion du diagramme. D'autre part, il est avantageux de placer le cylindre (C) de telle façon que, dans la région étudiée, les rayons diffractés soient à peu près normaux à la pellicule photographique. On est ainsi conduit, pour les petits angles de diffraction $2\theta < 90°$, à opérer par transmission [cylindre dans la position (C)]; au contraire, pour $2\theta > 90°$, on opérera par réflexion [position (C')]. Dans ce dernier cas, on reconnaît le dispositif de la chambre de Seeman Bohlin, où la fente recevrait un rayonnement monochromatique pur, mais le fait d'utiliser un faisceau convergent permet aussi d'opérer par transmission, ce qui est indispensable pour avoir un bon pouvoir de résolution vers les petits angles θ.

Utilisant comme source un tube démontable à anticathode de cuivre sous le régime de 30 milliampères, 32 kilovolts, j'ai obtenu un diagramme d'une feuille de nickel en une pose de 2 minutes, le cylindre (C) avait un rayon de 48^{mm} : il donnait donc la même dispersion qu'une chambre de Debye ordinaire de 96^{mm} de rayon. J'ai obtenu un diagramme de silice vitreuse en 15 minutes, alors qu'en utilisant une chambre ordinaire précédée d'un cristal plan comme monochromateur il faut poser une trentaine d'heures (régime de 20 milliampères, 30 kilovolts) ([3]).

C'est l'emploi d'un rayonnement monochromatique pur d'une part, et d'autre part d'écrans convenablement placés qui permet de supprimer le fond continu des clichés. Il reste deux causes de voile : la diffusion par l'air du faisceau direct, mais tout l'appareil peut être placé dans le vide; et au voisinage de la raie directe, la diffusion par le cristal A lui-même, on y remédie en réduisant l'ouverture angulaire du faisceau incident. On peut donc utilement prolonger les poses, et le dispositif décrit est spécialement bien adapté à la mise en évidence de raies de très faible intensité.

([3]) Warren, *Phys. Rev.*, 45, 1934, p. 658.

RADIOACTIVITÉ. — *Sur la théorie de la radioactivité* β. Note (¹) de M. **André Mercier**, transmise par M. Jean Perrin.

Considérons les deux phénomènes suivants : (A). Le noyau d'un atome absorbe un électron de la couche K ayant l'énergie W_s, avec émission d'un antineutrino d'énergie W_σ. (B). Un proton, dans un noyau, émet un positon d'énergie $-W_s$ et un antineutrino d'énergie W_σ, perdant ainsi une énergie W_0. La probabilité $P_{s\sigma}$, par unité de temps de ces phénomènes, est donnée dans la théorie de Fermi par l'expression

$$P_{s\sigma} = C\,|\,H_{s\sigma}\,|^2\,\delta(W_0 + W_s - W_\sigma),$$

où C est une constante et $H_{s\sigma}$ l'opérateur de perturbation qui dépend de la forme admise pour l'interaction. Soient (0,0), (0,1), (1,1), (2,2) les symboles correspondant aux diverses interactions proposées par E. Fermi [2], E. J. Konopinski et G. E. Uhlenbeck [3]. La probabilité totale des phénomènes (A) et (B) a été calculée par C. Møller [4] dans les hypothèses (0,0) et (0,1). Nous les calculons ici dans les deux autres. Nous admettons que les noyaux considérés ont un numéro atomique Z assez faible pour que la fonction d'onde du positon se réduise à une onde plane.

Nous choisissons pour unité d'énergie, d'impulsion et d'action respectivement mc^2, mc, et $h/2\pi$. Dans le cas (A), on peut égaler à 1 l'énergie de l'électron K, et on a alors $W_\sigma = W_0 + 1$. On doit sommer sur les électrons de la couche K. Dans le cas (B), on ne peut négliger l'énergie cinétique du positon, et son impulsion est en valeur absolue égal à $p_s = W_s^2 - 1$.

Le positon étant une lacune dans la théorie de Dirac, dont le niveau énergétique négatif vaut $-W$, W peut varier entre 1 et W_0. Il faut intégrer sur les valeurs de W.

Laissant de côté certaines constantes, on obtient pour la probabilité du phénomène (A) une expression proportionnelle à

$$2\pi(Z\alpha)^3(W_0+1)^4 = F_K^{(1,1)} \quad \text{dans le cas } (1,1),$$

et

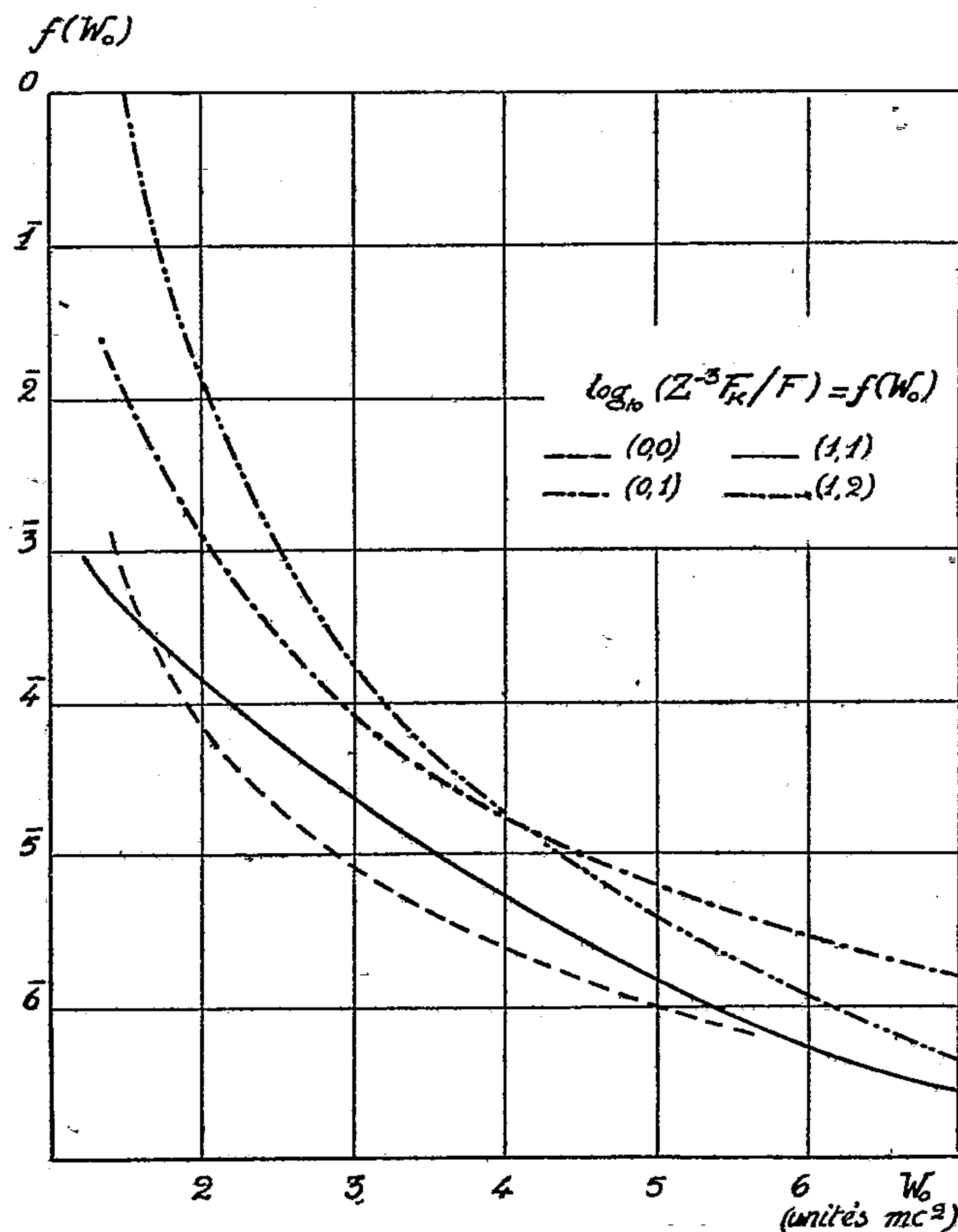
$$2\pi(Z\alpha)^3(W_0+1)^6 = F_K^{(1,2)} \quad \text{dans le cas } (1,2);$$

(¹) Séance du 5 avril 1937.
(²) *Zs. f. Phys.*, 88, 1934, p. 160.
(³) *Phys. Rev.*, 48, 1935, p. 7.
(⁴) *Phys. Zs. Sow. Union* (sous presse). Voir aussi *Phys. Rev.*, 51, 1936, p. 84.

la probabilité du phénomène (B) est proportionnelle à

$$\frac{1}{3}\int_1^{W_0}(W_0-W)^4(2W^2+1)\sqrt{W^2-1}\,W\,dW = \mathfrak{w}^{(1,1)} \qquad \text{dans le cas } (1,1),$$

$$\int_1^{W_0}(W_0-W)^6(2W^2+1)\sqrt{W^2-1}\,W\,dW = \mathfrak{w}^{(1,2)} \qquad \text{dans le cas } (1,2).$$



L'intégration de ces expressions nous donne

$$\mathfrak{w}^{(1,1)} = \frac{1}{3}(0,003174\,W_0^8 + 0,001587\,W_0^6 - 0,01548\,W_0^4 - 1,2407\,W_0^2 - 0,17774)$$
$$\times \sin h(\text{arc}\cos h\,W_0) + \frac{1}{3}(W_0^3 + 0,5625\,W_0)\,\text{arc}\cos h\,W_0,$$

$$\mathfrak{w}^{(1,2)} = (0,0008658\,W_0^{10} - 0,007503\,W_0^8 + 0,032071\,W_0^6$$
$$- 0,10985\,W_0^4 - 0,29875\,W_0^2 - 0,02309)\sin h(\text{arc}\cos h\,W_0)$$
$$+ (0,3125\,W_0^3 + 0,09375\,W_0)\,\text{arc}\cos h\,W_0.$$

Le tableau ci-après donne quelques valeurs numériques pour

$\log_{10}(Z^{-3}F_k^{(1,1)})$, $\log_{10}(Z^{-3}F_k^{(1,2)})$, $\log_{10}\mathfrak{w}^{(1,1)}$, $\log_{10}\mathfrak{w}^{(1,2)}$.

$W_0 (mc^2)$	1,5.	2.	3.	4.	5.	6.	7.
$\log \mathfrak{w}^{(1,1)}$	$\bar{1},413$	0,153	1,400	2,464	3,302	4,030	–
$\log \mathfrak{w}^{(1,2)}$	$\bar{4},785$	$\bar{1},146$	1,759	3,314	4,466	–	6,171
$\log(Z^{-3} F_K^{(1,1)})$	$\bar{5},980$	$\bar{4},296$	$\bar{4},796$	$\bar{3},184$	$\bar{3},501$	$\bar{3},768$	–
$\log(Z^{-3} F_K^{(1,2)})$	$\bar{5},776$	$\bar{3},251$	$\bar{2},000$	$\bar{2},582$	$\bar{1},057$	–	$\bar{1},807$

La figure donne le logarithme décimal du rapport entre $Z^{-3} F_K$ et $\mathfrak{w}$ en fonction de W_0. Les valeurs numériques correspondant aux cas (0,0) et (1,1) sont données dans le Mémoire de C. Møller (*loc. cit.*).

CINÉTIQUE CHIMIQUE. — *Allure générale de l'évolution des solutions aqueuses de chlorure ferrique.* Note de M. **Jules Guéron**, présentée par M. Georges Urbain.

Les nombreuses recherches relatives à l'évolution des solutions de chlorure ferrique nous donnent, au point de vue cinétique, des renseignements qui, pour être importants, n'en restent pas moins presque exclusivement qualitatifs [1] : l'évolution est représentée, quelle que soit la propriété choisie pour témoin, par des courbes en S ; l'autocatalyse suggérée par cette forme de courbe a été directement démontrée [2] ; la vitesse de réaction augmente avec la température et avec la dilution.

I. J'ai repris l'étude cinétique de cette réaction dans l'intention de préciser l'influence de ces deux derniers facteurs. Mais une difficulté essentielle se présente d'emblée : il est pratiquement impossible d'obtenir, en opérant à température et concentration constantes, des résultats reproductibles. Il faut donc avant tout rechercher quels facteurs, autres que la température et la concentration, déterminent la vitesse d'évolution des solutions aqueuses de chlorure ferrique.

Les expériences dont il va être question ont toutes porté sur des solutions contenant 0,0178 mol-g/l de Cl^3Fe, préparées par dilution, au moyen d'eau redistillée, d'une solution stock 100 fois plus concentrée, et maintenues à 40,0 ± 0,02°C. Leur évolution a été suivie par des mesures de conductivité électrique (précision 0,1 pour 100) ; les solutions séjournaient constamment dans le vase à conductivité. Les courbes représentant la variation de la conductivité λ en fonction du temps t écoulé depuis que la solution a été portée dans le thermostat ont bien l'allure généralement connue : après

(1) Pour la bibliographie voir J. Guéron, *Ann. Chim.*, 11e série, 3, 1935, p. 245 ; cf. M. Auméras et M. Mounic, *Bull. Soc. Chim. France*, 4, 1937, p. 523.

(2) E. Heymann, *Kolloid. Z.*, 47, 1929, p. 325 ; 48, 1929, p. 25.

une période d'induction, la transformation commence, s'accélère puis se ralentit et tend vers une limite ([3]). Les courbes représentant une série d'expériences effectuées dans un même vase révèlent une vitesse moyenne d'autant plus grande que la période d'induction a été plus longue : les courbes $\lambda(t)$ se coupent deux à deux.

II. Il est commode d'employer une représentation graphique qui amplifie le début du phénomène (la période d'induction dure de quelques minutes à 2 heures et plus) tout en permettant d'en représenter l'ensemble sur un diagramme maniable (l'expérience a souvent été prolongée une semaine). En portant λ en fonction de $\log t$ on obtient une représentation particulièrement simple : la période d'induction se marque par une horizontale H d'ordonnée λ_0; puis, après une courte portion curviligne, les points expérimentaux s'alignent sur une droite D; enfin ils se placent sur une courbe située au-dessous de D, qu'ils quittent d'autant plus tard que sa pente $\alpha (\alpha = d\lambda/d\log t)$ est plus faible ([4]).

L'évolution est donc représentée, le long de la droite D, par l'équation

$$(1) \qquad \frac{\lambda}{\lambda_0} - 1 = \frac{\alpha}{\lambda_0} \log \frac{t}{t_0}.$$

On peut nommer t_0 (temps correspondant à l'intersection des droites D et H) *période d'induction rectifiée* : ce serait la valeur de la période d'induction si la courbe représentative se réduisait aux droites H et D, sans raccordement courbe.

Nous nous bornerons maintenant à considérer l'étape de l'évolution définie par la droite D ([5]).

([3]) Il faut signaler : 1° la constance absolue de la conductivité (à toute la précision des mesures près) pendant la période d'induction; 2° l'existence fréquente, à la fin de celle-ci, avant la phase de variation régulière, de changements brusques (faibles mais indubitables) de la conductivité qui se stabilise un certain temps à sa nouvelle valeur. Pareil fait a déjà été constaté par Malfitano (*Ann. Chim. Phys.*, 8e série, **8**, 1912, p. 159); on a fait des observations analogues dans l'étude de diverses coagulations (J. Guéron, *Ann. Chim.* **11**, 1935 p. 294; Joshi et collaborateurs, *J. Indian Chem. Soc.*, **13**, 1936, p. 309, 311 et 439; *Kolloid Z.*, **76**, 1936, p. 145.

([4]) L'évolution, dans certaines expériences, suit la droite D depuis la 4e heure et ne l'a pas encore quittée à la 150e. En représentant dans le diagramme $\lambda - \log t$ les expériences de Foussereau (*Ann. Chim. Phys.*, 6e série, **11**, 1887, p. 383), de Tian (*J. Chim. Phys.*, **19**, 1921, p. 190) et de Heymann (*Z. anorg. Chem.*, **71**, 1928, p. 18), portant sur des solutions de concentrations variées à diverses températures, on trouve la même loi vérifiée pendant des durées du même ordre, et valable même, dans une expérience de Heymann, entre la 9e et la 1050e heure. Même résultat pour une solution de sulfate ferrique, dont l'évolution est beaucoup plus lente, à mêmes température et teneur en fer, que celle du chlorure (période d'induction de l'ordre de 200 heures).

([5]) La loi de vitesse correspondante est particulièrement simple :

$$\frac{d(\lambda - \lambda_0)}{dt} = \frac{2,3\alpha}{t},$$

la vitesse d'évolution est, à chaque instant, inversement proportionnelle au temps

III. A l'augmentation simultanée, signalée plus haut, de la vitesse moyenne et de la période d'induction correspond une augmentation simultanée de α et de t_0 : comme les courbes $\lambda(t)$, les droites $\lambda(\log t)$ se coupent deux à deux.

Ces droites constituent une famille : en portant sur un graphique α/λ_0, en fonction de $\log t_0$, on obtient une droite

$$\text{(II)} \qquad \frac{\alpha}{\lambda_0} = p \log t_0 - q.$$

Cette droite varie d'un vase à l'autre et, pour un même vase, elle change avec l'âge de la solution stock.

IV. L'expérience montre que les droites (II) obtenues dans différentes conditions forment à leur tour une famille, d'équation

$$\text{(III)} \qquad q = 2{,}230_7 p - 0{,}408.$$

L'équation (I) devient alors (t et t_0 étant mesurés en minutes)

$$\text{(I')} \qquad \frac{\lambda}{\lambda_0} - 1 = [p(\log t_0 - 2{,}230_7) + 0{,}408] \log \frac{t}{t_0}.$$

L'étape moyenne de l'évolution des solutions aqueuses de chlorure ferrique est donc décrite par une formule à quatre paramètres. Deux d'entre eux sont fonctions de la température et de la concentration seules; les deux autres dépendent, à température et à concentration constantes, de l'âge de la solution stock employée et du vase dans lequel s'effectue la réaction.

GÉOLOGIE. — *Étude pétrographique du complexe à Radiolaires des formations mésozoïques des Carpathes Orientales.* Note de M[lle] **Marguerite Frollo**, présentée par M. Lucien Cayeux.

La série mésozoïque des Carpathes Orientales est représentée par le Trias, le Dogger, le Malm et le Crétacé inférieur; le Lias n'a pas encore été signalé d'une façon sûre, et le Crétacé supérieur se rencontre seulement sous la forme de rares lambeaux, exception faite de la zone du Flysch.

Tous ces dépôts appartiennent à un grand synclinal, d'une longueur dépassant 100^{km}, et d'une largeur maxima de 10^{km}. Le soubassement en est

écoulé depuis le début de l'opération. On ne voit d'ailleurs pas quel mécanisme pourrait rendre compte de cette loi, dont il faut signaler la simplicité, mais à laquelle il faut d'autant moins attribuer une valeur explicative que l'équation (1) n'est peut être pas la seule à pouvoir représenter les résultats expérimentaux.

formé de schistes cristallophylliens. Quant à son contenu, il a été fortement plissé, et il en est résulté une structure en écailles assez compliquée.

Les deux étages de la base du Malm, le Callovien et l'Oxfordien, renferment des roches à Radiolaires. Leur épaisseur exacte est inconnue, en raison des éboulements qui les accompagnent toujours.

Les géologues roumains ont qualifié ces roches de « Radiolarites », et ils ont admis qu'il s'agissait de sédiments bathyaux, réalisant les plus grandes profondeurs atteintes au cours de la période mésozoïque dans les Carpathes Orientales.

L'étude pétrographique d'échantillons de roches à Radiolaires prélevées sur les deux versants du synclinal, dans la vallée du Bicaz, et dans le département du Ciuc, nous a permis d'identifier, dans toute la série callovienne-oxfordienne, les variétés suivantes de roches à Radiolaires :

1° *Grès ferrugineux très fins à Radiolaires.*
2° *Grès ferrugineux schisteux à Radiolaires.*
3° *Radiolarites-grès ferrugineux à Radiolaires.*
4° *Radiolarites proprement dites.*
5° *Spongolithes.*
6° *Calcaires à Radiolaires.*
7° *Silexites.*

Dans la région du Lac Rouge, où le complexe mesure seulement une dizaine de mètres, les grès à Radiolaires situés à la base, en forment à eux seuls plus de la moitié. Quant aux Radiolarites proprement dites, elles sont cantonnées vers le sommet de la formation avec l'épaisseur réduite à environ 2^m.

Toutes les plaques minces tirées de ces Radiolarites renferment, à côté des Radiolaires constituant l'élément principal, une proportion très appréciable de spicules d'Éponges fragmentaires, et de minéraux détritiques comprenant des grains de quartz, du mica blanc, du *rutile* très fréquent, et quelques grains de zircon. Les Radiolaires revêtent des formes *simples, globuleuses*, et sont pourvus d'une coquille relativement mince. De cette constitution, on peut conclure que les Radiolarites en question diffèrent essentiellement des vases à Radiolaires actuelles, en ce qu'elles trahissent l'influence de la terre ferme et l'intervention de matériaux clastiques.

Conclusions. — 1° Nous proposons de désigner l'ensemble des roches à Radiolaires des Carpathes Orientales sous le nom de *Complexe à Radiolaires*, le terme *Radiolarites* n'étant applicable qu'à une fraction réduite de cet ensemble.

2° La composition de ce complexe à Radiolaires l'éloigne manifestement des dépôts bathyaux, car il est essentiellement formé de sédiments de *faible profondeur*.

Cet exemple démontre une fois de plus l'utilité du microscope dans l'étude des formations sédimentaires.

GÉOLOGIE. — *Le Paléozoïque de la région de Ghar Rouban (Frontière algéro-marocaine).* Note de M. **Gabriel Lucas**, présentée par M. Lucien Cayeux.

Les affleurements primaires de la région de Ghar Rouban, prise dans son sens large, se répartissent en quatre groupes, qui ont déjà été définis [1]. Depuis longtemps, les géologues algériens se sont préoccupés de l'âge des *Schistes de Ghar Rouban*, mais, en l'absence de fossiles, les attributions, basées surtout sur les faciès, étaient nettement insuffisantes.

Au pied du Dj. Aourir, à 21^{km} au Sud d'Oujda, dans un calcaire exploité pour marbre, rappelant beaucoup la roche des « récifs rouges » frasniens des Ardennes, j'ai découvert des Algues et des Polypiers très abondants, accompagnés d'*Atrypa reticularis* Lin., *Spirifer robustus* Barr., *Sp. naïadum* Barr., *Sp. thetidis* Barr., *Sp. cf. Nerei* Barr., *Wilsonia Henrici* Barr., *Pentamerus optatus* Barr., *Orthis palliata* Barr., *Bronteus* sp., prouvant l'existence du Dévonien inférieur (F2 de Barrande), sous le faciès des Calcaires de Konjeprus. Le fait est instructif; à l'est du col de Touahar, près de Taza, on n'a jamais signalé, au Maroc ni en Oranie, quoi que ce soit de bien daté, antérieur au Carbonifère.

Dans le horst même de Ghar Rouban, à 5^{km} au sud-est du Dj. Fernane, j'ai aussi recueilli, au toit d'une barre calcaire dolomitisée presque partout ailleurs, une faunule dans laquelle M. Delépine a reconnu : *Productus pixidiformis* de Koninck, *Pr. punctatus* Martin, *Pr. plicatilis* Sow., *Pr. cora* d'Orb. de grande taille, *Chonetes Dalmaniana* de Kon., *Ch. papillonacea* Phill., *Sp. trigonalis* Martin, des Polypiers, des Encrines et des Fenestelles. Ces fossiles indiquent sans ambiguïté le Viséen; l'absence de tout type viséen supérieur permet d'en faire du Viséen inférieur ou moyen, sans pouvoir préciser. A 1^{m} seulement sous ces calcaires se trouve un petit banc de

---

(1) *C. R. som. Géol. France*, 3, 1936, p. 46 à 48.

phtanite exceptionnellement riche en Radiolaires assez bien conservés, au test fin et grêle.

A la lumière de ces faits, je peux maintenant interpréter la structure du horst de Ghar Rouban. A l'extrémité est de ce horst, dans l'oued Taïrert, affleure un granite monzonitique. Il développe, dans des schistes et des quartzites, un métamorphisme intense, sensible aussi au Dj. Fernane, et à la mine de Ghar Rouban, où l'on trouve même un calcaire métamorphique, bien différent du calcaire viséen dit *d'Allouba*. Or on retrouve, dans une série de schistes et microbrèches, subordonnée aux schistes qui contiennent les calcaires et phtanites viséens, des fragments microscopiques d'un granite monzonitique, identique à celui de l'oued Taïrert, et des débris très nombreux de schistes métamorphiques. Cette série a fourni, à A. L. Brichant [2] comme à moi, des débris de plantes indéterminables.

On est donc fondé à établir comme suit la série primaire de la région :

1° Un Dévonien, certain à l'Ouest et probable à l'Est, formé de schistes, quartzites peu abondants, avec parfois un banc de calcaire fossilifère; ces roches ont été, par places, métamorphisées par une venue de granite monzonitique anté-viséenne.

2° Une série transgressive viséennne, qui a puissamment érodé le Dévonien, et qui comprend :

a. Des schistes et microbrèches, puis des microbrèches dominantes, à plantes.

b. Des schistes et quartzites, contenant localement une barre calcaire, et des phtanites, déposés dans un milieu essentiellement détritique, en eau sans doute peu profonde, malgré le caractère pélagique des Radiolaires. Au Djorf Ouazzene, ce niveau, montrant une belle barre de phtanites, est pénétré par un massif de roches éruptives, allant d'une microgranodiorite à une dacite, passant au Sud sans solution de continuité visible à une granodiorite, qui métamorphise à la fois le Dévonien et le niveau viséen *a*. Des faits analogues ont été décrits par Brichant (*loc. cit.*) plus à l'Ouest.

c. Des schistes, quartzites et calcaires d'âge bien connu, affleurant dans le horst de Tousit; les faunes à Goniatites qu'on peut y recueillir n'ont pas été décrites jusqu'ici; elles se répartissent dans deux zones successives : 1° *Goniatites crenistria* Phill., *G. striatus* Phill., *Homoceras Bruningianum* Schm., *Dimorphoceras Loonei* Phill., *D. discrepans* Brown, *D. Gilbertsoni* Phill., *Dimorphoceras* sp. aff. *texanum* Smith, *Pronorites cyclolobus*

---

(2) *Comptes rendus som. Soc. Géol.*, 5, 1932, p. 66 à 68.

Phill., *Paraprolecanites* aff. *mixolobus* Sandberger, *Daraelites* aff. *praecursor* From.; 2° *Goniatites subcircularis* Miller, *G. granosus* Portlock. Le genre *Daraelites* est signalé ici pour la première fois en Afrique du Nord. Les deux niveaux du Viséen supérieur contiennent des pointements de dacite certainement volcanique, au moins en partie; des mouvements de cette époque ont amené la formation de conglomérats et grès grossiers à fragments de phtanites à Radiolaires; dans tout le bassin de Djerada, ils séparent le Viséen supérieur des schistes beaucoup moins plissés rapportés au Namurien.

En résumé, on voit qu'au sud d'Oujda, on peut reconnaître : du Dévonien fossilifère; des mouvements antéviséens, accompagnés d'une montée granitique; des dépôts transgressifs viséens parmi lesquels on trouve, comme dans la Montagne Noire, les Pyrénées etc., des phtanites à Radiolaires, dont le dépôt a accompagné un épisode volcanique ([3]), complément de la mise en place d'une grande masse de granodiorite; terminant cette période instable, un mouvement post-viséen permet à la mer namurienne de remanier les dépôts sous-jacents. Ces résultats, nouveaux pour le Maroc oriental ([4]) quant à l'ensemble, diffèrent sensiblement de ceux obtenus par H. Termier au Maroc occidental et central.

GÉOLOGIE. — *Sur la genèse des roches alcalines de Julianehaab (Groenland)*. Note ([1]) de M. **Eugène Wegmann**, présentée par M. Charles Jacob.

Les roches alcalines du district de Julianehaab sont devenues classiques, grâce aux travaux pétrographiques de N. V. Ussing ([2]), qui les a considérées comme une série de roches éruptives dont la différenciation serait due à la séparation par ordre de gravité des composants successivement cristallisés. Pour certaines formations marginales, il est fait appel à l'anatexie des roches encaissantes.

En 1936, j'ai pu, sous les auspices et avec le bienveillant appui du Service

([3]) Voir L. Cayeux, *Les Roches sédimentaires de France, Roches siliceuses*, Paris, 1919, p. 344 et 353.

([4]) Voir Brichant, *loc. cit.*; L. Clariond, *C. R. somm. Soc. Géol. Fr.*, 9, 1933, p. 110-112, et 5, 1936, p. 84-85; P. Marie, *ibid.*, 2, 1936, p. 19-21.

([1]) Séance du 31 mars 1937.

([2]) *Medd. om Groenland*, 38, 1912, XI + 367 pages.

géologique du Groenland, dirigé par M. Lauge Koch, faire des recherches dans le district de Julianehaab et j'ai eu ainsi l'occasion d'étudier une partie des massifs des roches alcalines. Ces nouvelles observations m'obligent à considérer la genèse de ces roches d'une manière un peu différente.

Les roches alcalines du massif d'Ilimausak sont situées dans une série de couches dont la partie inférieure consiste surtout en grès (grès d'Igaliko) avec produits volcaniques intercalés, tandis que la partie supérieure est presque exclusivement d'origine volcanique. L'ensemble a une épaisseur d'environ 2000^m et repose sur un vieux socle cristallin.

Près de la localité de Nunarsuatsiak, on reconnaît, dans les lujaurites, non seulement les structures des roches volcaniques, mais on y voit aussi des couches d'agglomérats volcaniques. Les veines de granite à arfvedsonite passent aux couches intercalées de quartzites. Les naujaites forment des filons-couches dans les lujaurites; mais ces filons sont souvent boudinés. On reconnaît alors que cette série de roches est le produit de la transformation d'un complexe se composant d'une partie volcanique qui repose sur une série quartzitique, le tout ayant été traversé par des filons d'essexites. Ces roches et leurs structures particulières ne correspondent donc pas à des roches éruptives, mais à des roches métamorphiques.

Les syénites néphéliniques du massif entre le fjord de Korok et le glacier de Kiagtut montrent, de loin, une structure analogue à celle de plusieurs parties du vieux socle; des granites et des gneiss y sont traversés par un réseau de filons sombres plus jeunes. En étudiant de près cette structure dans le massif syénitique, on voit que l'édifice tectonique est plus ou moins conservé; les matériaux seuls ont été transformés, aussi bien le vieux socle que les filons qui le traversent.

Dans la région de Jullianehaab, les formations de la couverture, de même que celles du socle ancien sur lequel elles reposent sont localement *transformées en roches alcalines*.

Ces constatations permettent d'affirmer la relation chronologique de deux groupes de roches distingués par Ussing : *a*, une série de roches intrusives allant de l'essexite de Narsak par les nordmarkites aux granites à arfvedsonite; ce sont des masses intrusives contaminées par la digestion de grandes masses de roches encaissantes; *b*, un groupe de roches fortement alcalines contenant les lujaurites, naujaites, kakortokites, foyaites et autres syénites néphéliniques; il s'agirait de roches *métamorphiques*. Leur transformation est postérieure à l'intrusion du premier groupe, puisque des roches de ce dernier ont subi des transformations.

Les roches du groupe *b* ont donc été formées par deux composantes : 1° un édifice de roches en place, dont la structure est plus ou moins conservée, et 2° une composante immigrée, qui a imbibé et transformé chimiquement cet édifice. Ce n'est donc pas un mélange par fusion. Il semble indiqué d'attribuer des roches d'origine mixte de ce genre à la catégorie des migmatites et de les opposer aux roches d'origine magmatique dont la naissance est due à des masses en fusion.

On sait ([3]) qu'une grande partie des roches granitiques est d'origine migmatitique; il semble que l'on peut également entrevoir la genèse de certains types des roches alcalines comme étant d'origine mixte. De nombreux problèmes d'ordre pétrochimique et tectonique trouveront ainsi une solution plus simple.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Le métabolisme de l'azote d'un microorganisme, envisagé du point de vue des lois de l'allométrie.* Note ([1]) de M. **William-Henri Schopfer**, présentée par M. Marin Molliard.

En étudiant l'évolution du taux de l'azote de *Phycomyces*, en fonction des facteurs de croissance, nous observons, au fur et à mesure du développement une diminution régulière de la teneur en N. (exprimée en pour 100 du poids sec) ([2]). Cette évolution du taux azoté s'observe avec des conditions culturales très variées et avec des sources d'azote très différentes (tant qu'elles sont normalement assimilables); elle témoigne de l'indépendance du microorganisme par rapport à son milieu. Nous savons que *Phycomyces* ne se développe pas sans facteur de croissance (vitamine B1), la dose optimale étant de 0,5 de vitamine pour 25^{cm^3} de milieu contenant 10 pour 1000 d'asparagine. Une dose plus faible de facteur B1 bloque la croissance et maintient le thalle à un stade morphologique et physiologique juvénile, malgré son âge absolu parfois très grand.

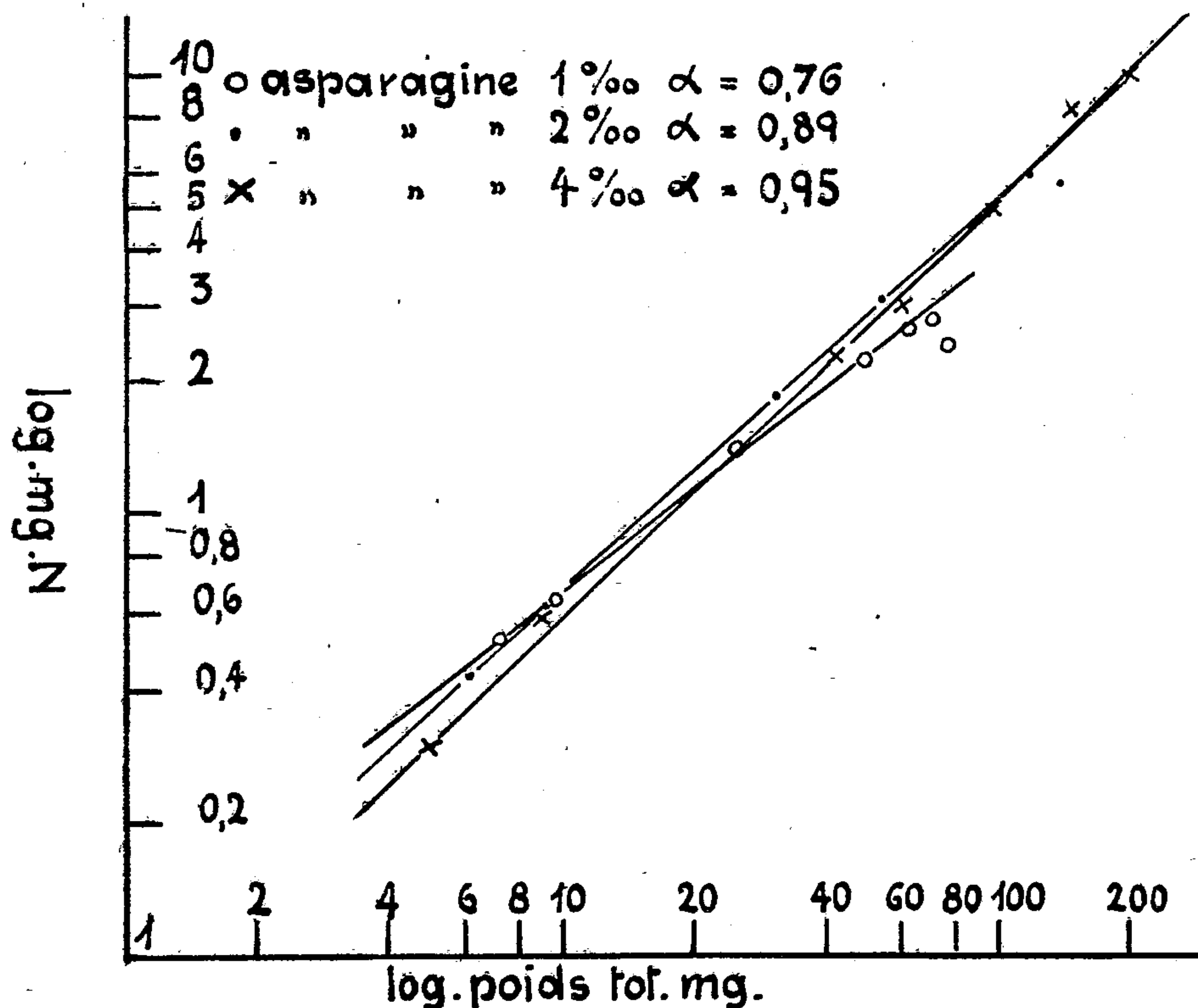
Cherchant à préciser la signification de cette évolution du taux de l'azote total, indépendante de l'âge absolu, mais strictement liée à son âge physiologique relatif, nous avons trouvé dans les lois de l'allométrie (Huxley,

([3]) C. E. Wegmann, *Geol. Rundschau*, 26, 1935, p. 305-350.

([1]) Séance du 5 avril 1937.

([2]) *Comptes rendus*, 200, 1936, p. 1965.

Teissier)[3] un moyen pratique d'exprimer nos résultats, en les rattachant à une loi de portée très générale. Nous utilisons les thalles développés en présence de doses croissantes de facteur Bl (7 doses, de 0,01 à 1,6$^\gamma$ par culture). Pour chaque série nous effectuons 10 pesées, à des moments différents. Nous obtenons ainsi 70 thalles, correspondant à 7 courbes en



fonction du temps. Chaque thalle est défini quant à son poids et à sa teneur en azote total (microméthode de Bang). En portant les points figuratifs des divers stades de développement de chaque série dans un système de coordonnées logarithmiques, nous obtenons des droites qui satisfont à l'équation : $y = bx^\alpha$ (Teissier); α se montre relativement constant, de 0,72 à 0,76, tant que la source azotée est bien assimilable; la croissance biochimique de l'azote suit donc une loi d'allométrie négative parfaitement caractérisée. Il n'est pas possible de mettre en évidence un point critique;

---

(3) G. Teissier, *Dysharmonies et discontinuités dans la croissance*, *Act. scient.*, 95, 1934, p. 1; J. S. Huxley, *Problems of Relative Growth*, 1932.

seuls les points figuratifs de thalles à poids élevés se placent un peu en dehors de la droite; tant que les thalles sont en voie de croissance, les points s'ordonnent très exactement selon une droite.

Lorsque nous faisons varier quantitativement la source azotée, l'asparagine passant de 1 à 2 et 4 pour 100, nous retrouvons la même diminution du taux de l'azote et le seul examen des données analytiques ne permet pas de déceler de différences; mais si, après achèvement de la croissance, nous examinons les résultats du point de vue des lois de l'allométrie, nous relevons une variation régulière de α, qui passe de 0,76 à 0,88 et 0,95; le métabolisme azoté est à ce moment soumis aux variations du milieu : en augmentant la concentration de la source azotée, la teneur en azote du thalle croît presque aussi rapidement que le poids total de celui-ci.

Ces résultats, obtenus pour la première fois avec un microorganisme, confirment que les lois de l'allométrie sont également applicables aux végétaux ([1]); ils prennent une signification particulière si l'on se rappelle que nous avons affaire à un organisme acellulaire, peu différencié; si ce n'était la présence de la chitine (5 pour 100 environ du poids sec total, teneur en N, 5,05 pour 100), on pourrait rapporter les données obtenues à un cytoplasme unique relativement homogène.

On peut faire des réserves quant à la transposition des règles de l'allométrie, du domaine de la morphologie à celui de la biochimie de la croissance, et relever que la signification profonde nous échappe encore; elles n'en constituent pas moins une aide exacte et précieuse.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Influence du carbonate de calcium sur la végétation du Radis*. Note de M. **Robert Échevin**, présentée par M. Marin Molliard.

Les cultures qui font l'objet de cette Note ont été effectuées sur un milieu synthétique dans lequel le carbonate de calcium pulvérulent est réparti d'une manière homogène; elles ont l'avantage, tout au moins en ce qui concerne l'absorption du calcium, de se rapprocher beaucoup plus des conditions normales de végétation que les cultures qui sont réalisées à partir de milieux liquides où il est impossible de faire passer en solution d'importantes quantités de carbonate. Dans les conditions où nous nous

---

([1]) P. Meunier, *Bull. Soc. chim. biol.*, 18, 1936, p. 636.

sommes placés, les jeunes racines, dès le début de leur développement se trouvent au contact de fines particules crayeuses, comme dans un sol calcaire naturel.

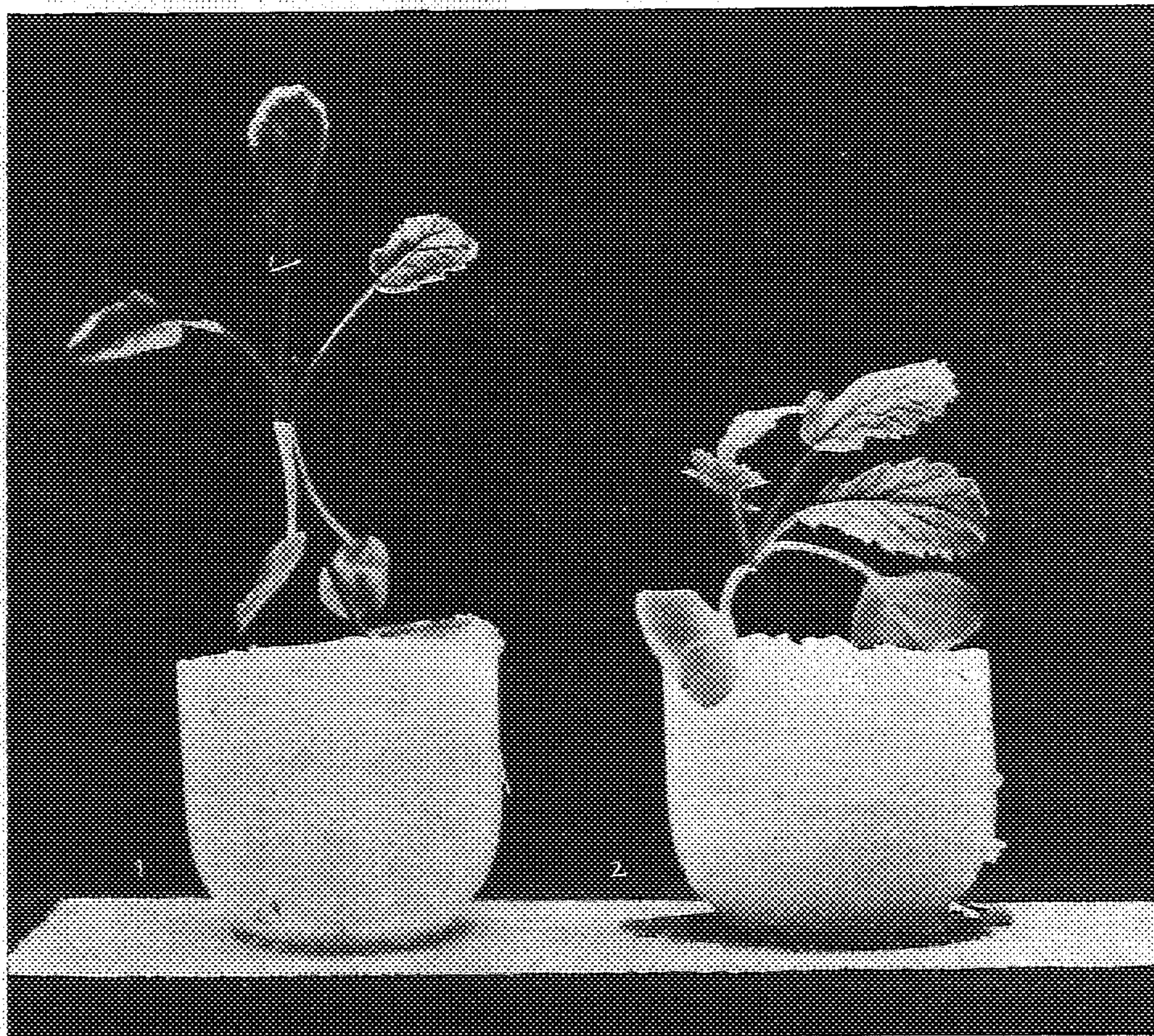
Le milieu de culture témoin, introduit dans des tubes bouchés au coton, est constitué par 60$^{cm^3}$ de solution de Knop diluée de moitié, rendue solide par addition de gélose; le second milieu diffère du précédent par la présence de carbonate de calcium pulvérulent pur, ajouté à la dose de 1^g par tube; après la stérilisation, au sortir de l'autoclave, il suffit d'agiter les tubes jusqu'à ce que, le refroidissement étant suffisant, le liquide se gélifie; on obtient ainsi une suspension homogène de craie pulvérulente dans la masse de gélose.

Les plantules de Radis, issues de graines de même poids (11-12^{mg}) ont été transportées aseptiquement sur les deux milieux. Les récoltes ont été effectuées après 31 jours de végétation. Les résultats ci-dessous se rapportent à 49 plantes récoltées sur chaque milieu.

	Substance fraîche.	Substance sèche.	Cendres.	Calcium.	Magnésium.
Cultures sur Knop sans carbonate de calcium.					
Feuilles	18624^{mg}	908^{mg}	196^{mg}	11,4^{mg}	3,35^{mg}
Hypocotyles	1943	121	55	6,6	1,90
Racines	2791	169			
Plantes entières	23358	1198	251	18	5,25
Cultures sur Knop avec carbonate de calcium.					
Feuilles	15701	831	182,5	25,3	4,28
Hypocotyles	1187	77	69	11,3	1
Racines	3209	229			
Plantes entières	20097	1137	251,5	36,6	5,28

En présence du carbonate le poids frais de la plante entière est plus faible, la diminution est de 15 pour 100 environ, mais le déficit en substance sèche n'est que de 5 pour 100. L'effet le plus apparent de l'introduction de la craie dans le milieu de culture est d'abaisser la teneur de la plante en eau; cette action s'exerce exclusivement sur l'appareil aérien, feuilles et hypocotyle; on voit, en effet, que les racines présentent un poids de substance fraîche nettement supérieur à celui de la récolte témoin; leur développement est d'ailleurs plus considérable, ce qui se traduit par l'augmentation de la substance sèche et des cendres. Cette diminution de la teneur en eau des plantes modifie très nettement l'aspect

des cultures sur carbonate : réduction de l'hypocotyle et des pédoncules foliaires; ces caractères apparaissent sur les figures représentant deux échantillons moyens prélevés, l'un (*fig.* 1) sur le milieu témoin, l'autre (*fig.* 2) sur le milieu carbonaté.



La dissolution et l'absorption de la craie mise au contact des racines du Radis a pour effet de doubler la teneur de la plante entière en calcium; on n'observe pas une telle absorption du métal sur des cultures en milieu liquide auquel on ajoute une quantité équivalente de carbonate.

C'est surtout dans les feuilles qu'a lieu l'accumulation, la teneur en calcium de la substance sèche passant de 1,25 à 3 pour 100; on observe une augmentation parallèle, mais moins importante du magnésium, au détriment des racines; elles contiennent moitié moins de magnésium que celles qui se développent sur le milieu témoin.

Il convient enfin de remarquer que les rapports des quantités de calcium

et de magnésium contenues d'une part dans les deux milieux de culture, d'autre part dans les deux lots de plantes récoltées, peuvent varier dans des limites très larges (ce rapport Ca/Mg varie de 3,5 à 7 dans les deux récoltes) sans exercer d'influence sensible ni sur l'absorption du magnésium, les deux lots de plantes en renfermant respectivement $5^{mg},25$ et $5^{mg},28$, ni sur la production de la matière sèche qui varie seulement de 5 pour 100 d'un milieu à l'autre.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Le déterminisme de l'action morphogène exercée par le milieu aquatique chez les végétaux.* Note de M[lle] Marie-Thérèse Gertrude, présentée par M. Marin Molliard.

J'ai montré antérieurement les modifications qu'apporte le milieu aquatique, d'une part dans l'élaboration de la matière organique totale, d'autre part dans la genèse de la substance azotée et de la substance phosphorée chez une espèce amphibie, le *Veronica Anagallis*. J'exposerai ici les faits qui m'ont permis de mettre en évidence les dosages comparés des diverses formes de glucides effectués dans les tissus des individus cultivés respectivement dans les deux milieux, et j'exposerai les conclusions auxquelles conduit l'ensemble de mes recherches quant au déterminisme de l'action morphogène exercée par le milieu aquatique sur la plante étudiée.

Le *Veronica Anagallis* a été cultivé, d'une part sous l'eau, complètement immergé, d'autre part sur un sol, les tiges feuillées et fleuries se développant à l'air libre. Des récoltes ont été faites à des temps rapprochés au cours de la croissance, et à chaque récolte j'ai dosé dans les deux lots de plantes : les sucres réducteurs, les holosides hydrolysables par l'invertine et l'hétéroside hydrolysable par l'émulsine. Les quantités de sucres réducteurs, existant dans les tissus, ou formés au cours des hydrolyses, exprimées en glucose, ont servi à construire les courbes ci-contre.

L'examen de ces courbes autorise les conclusions suivantes : la matière végétale qui se construit sous l'eau, si elle élabore en un même temps des quantités de matière carbonée totale à peu près égales à celles que produit la matière végétale qui se construit à l'air libre ([1]), en laisse une proportion beaucoup moindre à l'état de glucides; pendant toute la durée de son développement le *Veronica Anagallis* vivant sous l'eau accumule dans ses

([1]) *Comptes rendus*, 203, 1936, p. 811.

tissus moins de sucres réducteurs, moins d'holosides hydrolysables par l'invertine, moins d'hétéroside hydrolysable par l'émulsine. L'étude du métabolisme de la matière azotée et de la matière phosphorée ayant mis d'autre part en évidence une activité beaucoup plus grande de l'élaboration des corps organiques azotés et phosphorés ([2]), il nous est possible de nous faire une idée de l'ensemble des modifications qu'apporte le milieu aquatique dans la morphogenèse.

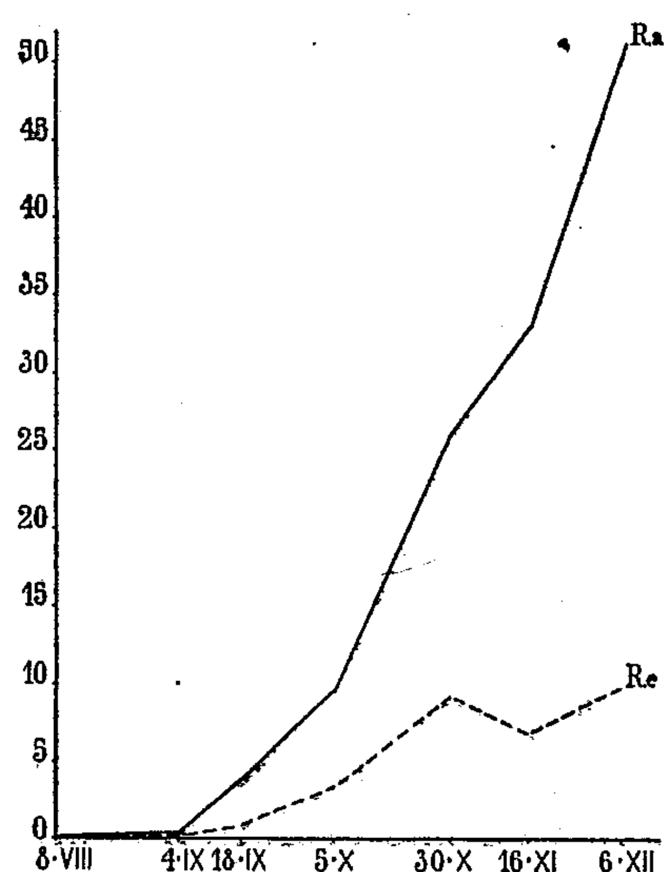


Fig. 1.

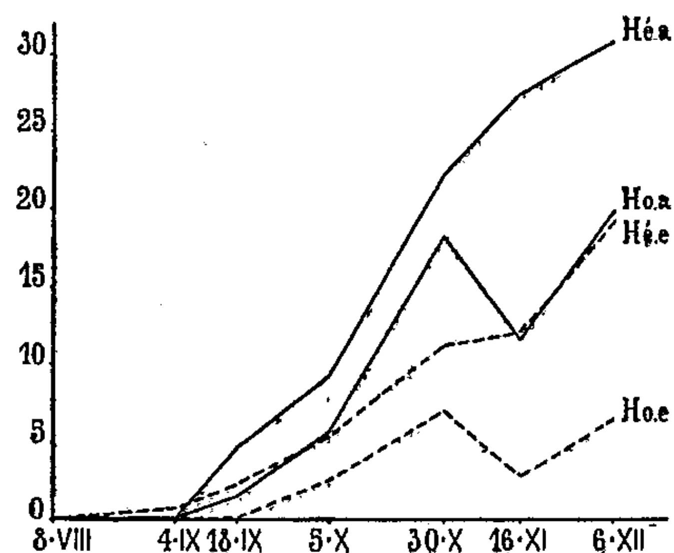


Fig. 2.

Fig. 1. — Courbes exprimant les variations des quantités de sucres réducteurs dans une plante croissant sous l'eau, R.e, et dans une plante croissant à l'air libre, R.a.

Fig. 2. — Courbes exprimant les variations des quantités d'holosides, Ho.e, et d'hétéroside, Hé.e, dans une plante croissant sous l'eau; Ho.a et Hé.a, dans une plante croissant à l'air libre.

Ce n'est pas, comme on l'a cru, par une déficience dans l'élaboration de la substance organique que la matière végétale immergée se différencie de la matière végétale fonctionnant dans l'air, c'est par la manière dont elle utilise la substance organique élaborée; en un même temps le tissu végétal immergé parvient à transformer en carbone organique une quantité de carbone minéral égale à celle que transforme le tissu aérien, mais au lieu d'en accumuler la plus grande part à l'état de matière inerte, de glucides, il n'en immobilise sous cette forme qu'une proportion beaucoup moindre et amène le reste à l'état de constituants végétaux plus complexes.

([2]) *Comptes rendus*, 203, 1936, p. 1091.

Récemment R. Combes ([3]) concluait d'expériences de cultures, réalisées en partant de ce même *Veronica Anagallis*, que le milieu aquatique agissait sur la morphogenèse par les faibles concentrations en glucides qu'il imposait aux tissus. Mes recherches confirment cette conclusion et la complètent. La matière végétale immergée diffère en effet de la matière végétale élaborée à l'air par une teneur moindre en glucides; et l'on voit par quel mécanisme cette moindre teneur est réalisée; c'est que l'assimilation du carbone ne s'arrête que pour une faible part à ce stade glucide; les phénomènes anaboliques amènent rapidement la plus grande partie du carbone intégré par la photosynthèse jusqu'à un stade de complication plus avancé, jusqu'au stade de grosses molécules azotées et phosphorées qui s'organisent en matière vivante.

BOTANIQUE. — *L'équilibre évolutif et l'influence germinale chez les Abiétinées.* Note de M. **Henri Gaussen**, présentée par M. Louis Blaringhem.

En étudiant dans les diverses espèces d'un groupe le degré d'évolution des divers organes, on observe souvent la coexistence de caractères primitifs et de caractères évolués. Il semble que, à partir du niveau évolutif d'ensemble réalisé à l'origine du groupe, les diverses espèces ont eu une capacité limitée d'évolution. Si un caractère a eu une évolution poussée, d'autres n'ont pas bougé et le primitif voisine avec l'évolué comme pour réaliser un certain équilibre.

Quand on étudie la totalité des caractères d'un groupe on trouve de multiples exemples.

Prenons quelques caractères du genre *Abies*, Sapin. Mlle Flous (1936) a montré que l'évolution se fait vers les feuilles longues, à apex échancré, de disposition pectinée, à canaux marginaux, à faisceaux soudés, le ramule glabre, les cônes petits à bractée longue.

Prenons le phylum *magnifica*, *nobilis*. Le cône est grand et gros, donc primitif chez ces deux espèces, mais plus grand chez *nobilis*, qui est plus primitif par ce caractère. La bractée est courte chez *magnifica*, caractère primitif, elle est longue chez *nobilis*, caractère évolué. Les faisceaux sont presque soudés chez *magnifica*, c'est un caractère évolué; ils sont plus séparés chez *nobilis*.

([3]) *Comptes rendus*, 203, 1936, p. 680.

Chaque espèce a donc un équilibre relatif de caractères primitifs et évolués. Il faut imaginer un ancêtre commun à grands cônes à bractées incluses, à faisceaux foliaires séparés. A partir d'elles, *nobilis* a évolué par l'allongement des bractées, *magnifica* par le raccourcissement du cône et le rapprochement des faisceaux.

Cet équilibre évolutif fait qu'il est très rarement possible de trouver dans un genre une espèce plus évoluée par tous ses caractères qu'une autre espèce du même phylum. La mise en série se fait facilement pour quelques caractères mais rarement pour tous.

Cependant certaines espèces sont plus primitives par l'ensemble de leurs caractères. Les plus remarquables sont *A. Pinsapo* du sud de l'Espagne et *A. subalpina* de la région Pacifique de l'Amérique du Nord.

A partir de *A. subalpina* on peut faire partir des rameaux où se placent des espèces actuelles plus évoluées par tous leurs caractères. Ainsi Mlle Flous fait dériver de *A. subalpina* : *Arizonica*, *balsamea*, *Fraseri*, *gracilis*, *sachalinensis*, *nemorensis*, *nephrolepis*. L'aire de ces espèces entoure d'une façon plus ou moins nette l'aire d'*A. subalpina*.

D'autres espèces sont plus évoluées pour l'ensemble de leurs caractères, c'est le cas d'*A. bracteata*. Cette espèce présente des bractées du cône de longueur exceptionnelle. Elle vit uniquement à la montagne Santa Lucia en Californie.

Il est remarquable que sur le même continent, l'espèce primitive ait une aire considérable et que l'espèce évoluée soit cantonnée dans une aire minuscule (¹).

Une autre remarque qui au premier abord n'a aucun lien avec la précédente est la suivante : de tous les *Abies*, *A. bracteata* reforme le plus difficilement sa flèche. Une greffe de rameau latéral se décide avec grand peine à faire une flèche.

Ces observations disparates peuvent se relier si l'on attribue une influence ancestrale aux parties germinales et une propension à l'évolution des cellules somatiques les plus soustraites à l'irradiation germinale. Une espèce très évoluée a vu la victoire des cellules somatiques. L'influence germinale a regressé, a presque abdiqué.

Chez les Sapins moyennement évolués cette influence se trouve encore dans les bourgeons terminaux des rameaux. Si une greffe amène l'un d'eux

(¹) *A. Pinsapo* semble faire exception, mais il était sans doute dans une île au tertiaire et sa dispersion a rencontré des obstacles insurmontables.

à faire office de flèche il remplira son rôle presque aussi bien qu'une vraie flèche. Chez *A. bracteata*, le peu d'activité germinale qui reste est dans la flèche; un rameau latéral inférieur en a très peu et se décide difficilement à faire une flèche si l'on veut l'y obliger. Dans cette espèce, l'influence germinal est insuffisante pour empêcher les bractées du cône de croître comme c'est la loi des feuilles. Le soma évolué est vainqueur presque partout. Il est si victorieux qu'il est probable que la capacité reproductrice et la force d'expansion de l'espèce sont faibles, ce qui expliquerait l'aire réduite.

En poussant aux ultimes conséquences, on peut dire qu'une espèce très évoluée perd la faculté de se reproduire et disparaît. Cette opinion a été souvent émise. L'équilibre évolutif est fait d'un ensemble de caractères dont certains ont évolué et d'autres sont restés primitifs. S'il est rompu par décadence de l'influence retardatrice germinale, l'évolution se précipite et c'est bientôt la fin du phylum.

On peut donc considérer trois types d'espèces. Les *espèces primitives* dans leur ensemble, étant donné le niveau moyen du groupe, ont peut-être le plus de facilités pour occuper de vastes aires; des jordanons se développeront facilement à leur périphérie, amorces vers des linnéons plus évolués. Ces linnéons constituent le deuxième type qu'on peut appeler : *espèces en équilibre évolutif*. Certains caractères ont évolué, d'autres sont encore maintenus à l'état primitif. Enfin, en quelque point particulier, les forces conservatrices perdent le contrôle; l'équilibre est rompu, tous les caractères évoluent, ce sont les *espèces évoluées*. La faculté reproductrice usée termine son évolution par la mort.

PHYSIOLOGIE. — *Au sujet de l'expérience Philippeaux-Vulpian.* Note [1] de MM. **André Tournade** et **Marc Chevillot**, présentée par M. Louis Lapicque.

En 1863 Philippeaux et Vulpian [2] ont observé un fait bien curieux. Sur un chien, dont l'un des nerfs hypoglosse avait été coupé quelque temps auparavant, l'excitation du nerf lingual du même côté déterminait, en plus des phénomènes de vaso-dilatation habituelle, une contraction tardive,

(1) Séance du 15 mars 1937.

(2) *Comptes rendus*, 56, 1863, p. 1009.

paresseuse, prolongée de l'hémilangue en voie de dégénération. L'expérience, reprise et complétée sur des points de détails par R. Heidenhain ([3]), J. P. Morat ([4]), et bien d'autres auteurs, est devenue d'emblée classique. Mais son explication devait rester longtemps une énigme.

Le paradoxe réside en ceci : un nerf qui n'est pas normalement moteur acquiert ce pouvoir et l'exerce sur des muscles énervés, plus ou moins dégénérés, avec lesquels il ne possède pas de connexions anatomiques.

Cette particularité, soulignée par Heidenhain, devait conduire certains physiologistes à soupçonner l'intervention d'un produit intermédiaire (ou médiateur chimique) qui, libéré par l'excitation nerveuse, diffuserait jusqu'aux fibres musculaires voisines pour provoquer de leur part une contraction de type évidemment dégénératif.

Langley ([5]), le premier, a émis cette hypothèse et imaginé que le rôle excito-moteur revenait à quelque métabolite. E. Franck, M. Nothmann et Hirsch-Kauffmann ([6]) ayant établi que l'acétylcholine est apte à susciter les dites réactions « pseudo-motrices », c'est cette substance que Dale ([7]) a catégoriquement désignée comme responsable du phénomène de Philippeaux-Vulpian. A son tour W. Feldberg s'est rangé à la même opinion du fait qu'il a trouvé de l'acétylcholine, pendant l'excitation du lingual, dans le sang qui sort de la langue ([8]).

Ces constatations sont fort intéressantes, car elles ont permis d'imaginer que l'effet vaso-dilatateur résulte d'un *transfert chimique de l'excitation nerveuse*. Remarquons cependant qu'elles laissent en suspens la question de savoir si la libération par le nerf d'une substance active représente bien le mécanisme essentiel, *exclusif* de l'excitation. Il se pourrait, en effet, que l'apparition de l'acétylcholine fut une simple conséquence d'un métabolisme modifié par l'entrée en action du système neuro-vasculaire.

Laissant de côté ce problème, nous avons cherché à résoudre le point suivant :

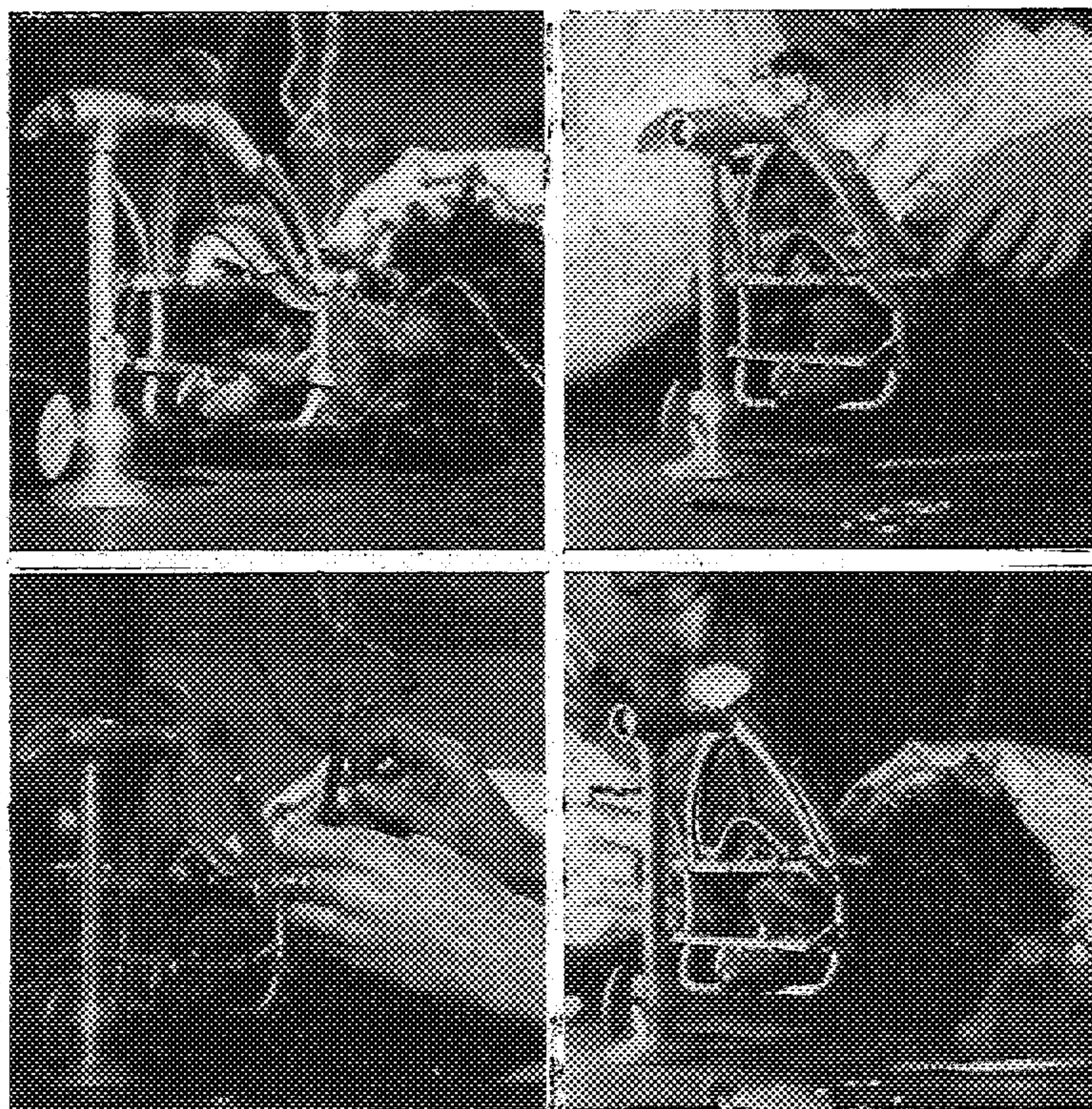
La contracture de l'hémilangue énervée s'obtient-elle par l'excitation, non plus directe, mais réflexe des fibres vaso-dilatatrices que contient le

---

([3]) *Arch. f. Anat. u. Physiol.*, 1883, Supplement, p. 133-177.
([4]) *Arch. de Physiol. norm. et path.*, 5e série, **2**, 1890, p. 430-435.
([5]) *Le système nerveux autonome*, traduction TIFFENEAU, 1923, p. 89.
([6]) *Pflüger's Arch.*, **197**, 1922, p. 270-287.
([7]) *Lancet*, **216**, 1929, p. 1285.
([8]) *Pflüger's Arch.*, **232**, 1933, p. 88-104.

tympanico-lingual ? Déjà, en d'autres domaines, on s'est préoccupé de démontrer que les nerfs *cholinergiques* ne libèrent pas de l'acétylcholine seulement lorsqu'ils sont excités électriquement, mais aussi quand on les met en jeu par leur stimulant physiologique ([9]).

En ce qui concerne le phénomène de Philippeaux-Vulpian, nous avons



pu constater qu'on l'obtient par excitation du bout central du nerf de Héring, correspondant ou opposé à l'hémi-langue énervée. C'est à la condition toutefois que la faradisation soit prolongée : la contracture s'ébauche après un temps perdu de 30 à 45 secondes et n'est pleinement développée qu'au bout de 1 minute et demie à 2 minutes. Les photographies ci-jointes, faites au cours de l'expérience du 7 janvier dernier, montrent clairement la

([9]) Ainsi Engelhart a trouvé que l'humeur aqueuse de la chambre antérieure de l'œil acquiert les propriétés d'une solution d'acétylcholine lorsque la pupille s'est contractée par l'éclairage plus ou moins prolongé de l'œil (*Pflüger's Arch.*, 227, 1931, p. 220).

position de la langue : *a*. au repos; *b*. pendant une injection de $0^{\gamma},1$ d'acétylcholine dans l'artère linguale droite, celle de l'hémi-langue énervée; *c*. pendant l'excitation du nerf de Héring droit; *d*. pendant l'excitation du nerf de Héring gauche.

Conclusion. — La réaction pseudo-motrice de Philippeaux-Vulpian peut être obtenue au cours d'une faradisation prolongée du nerf de Héring. La libération d'acétylcholine, jugé à la contracture qu'on obtient, résulte aussi bien des excitations *réflexes* que *directes* du tympanico-lingual.

PHYSIOLOGIE. — *Étude biométrique de la carence en cystine chez le Rat.* Note de M. **Max Lafon**, présentée par M. Louis Lapicque.

J'ai montré [1] que la carence en lysine ne suspend pas toute croissance. On observe chez les animaux carencés un ensemble de phénomènes antagonistes : croissance de certains organes, régression de certains autres. Les animaux carencés, dont la croissance a été arrêtée ou tout au moins très ralentie, ne sont nullement identiques dans leurs proportions à des animaux parvenus naturellement au même poids. Ces croissances partielles, que la carence en lysine n'empêche pas, s'expliquent, soit en admettant un transfert de lysine, soit en attribuant à ce corps un rôle plus régulateur que constructif.

La cystine, comme la lysine, est indispensable à la croissance, sinon à l'entretien. On peut se demander si la carence en cystine détermine, comme la carence en lysine, des phénomènes de compensation. C'est l'objet de la présente Note.

On sait que la caséine est particulièrement pauvre en cystine (environ 0,25 pour 100). En faisant varier la proportion de caséine, seul constituant protéique de leur régime, Osborne et Mendel [2] ont pu obtenir à volonté croissance normale, croissances diversement ralenties, entretien et perte de poids. L'examen de leurs graphiques montre qu'à un taux de 6 pour 100 de caséine correspond un entretien prolongé sans croissance appréciable. L'adjonction de cystine, à raison de 0,4 pour 100 de la ration totale, entraîne aussitôt une reprise normale de la croissance. J'ai donc constitué le régime suivant : amidon, 70 pour 100; saccharose, 18 pour 100;

---

(1) *Comptes rendus*, **203**, 1936, p. 955.

(2) *Journ. of Biol. Chem.*, **20**, 1915, p. 351; **26**, 1916, p. 1.

caséine purifiée, 6 pour 100; mélange salin d'Osborne et Mendel, 4 pour 100; levure sèche de Byla, 1,5 pour 100; extrait de vitamines liposolubles, 0,5 pour 100.

L'apport azoté fourni par un tel régime est faible, mais il n'y a pas insuffisance protéique globale et la carence est strictement spécifique. En effet, un régime témoin, identique au précédent mais supplémenté par 0,4 pour 100 de cystine, fut fourni pendant 5 mois à 6 rats (3 mâles et 3 femelles), provenant des mêmes portées que les rats carencés. Ces animaux témoins crûrent normalement et leur poids passa de 30g,5 ± 0,8 au 30e jour à 221g,7 ± 2,6 au 180e jour.

L'expérience de carence porta sur 25 animaux (13 mâles et 12 femelles) et dura 210 jours. La caséine et la levure apportant une faible quantité de cystine (0g,015 de la ration totale en ce qui concerne la caséine), il ne fut pas possible d'obtenir un arrêt de croissance total et général. Le lot carencé passa en 7 mois de 31g,7 ± 0,6 à 101g, 2 ± 6,3. On remarquera la variabilité du poids final : selon les individus, on a, pour un même taux de cystine dans la ration, ou bien arrêt complet de la croissance globale ou bien simple ralentissement. En tout cas, l'action de la carence est très nette : le poids moyen atteint au 8e mois étant celui que le Rat atteint normalement au 70e jour.

Il convenait donc de comparer les animaux carencés à des animaux de même poids. Je constituai pour cela un lot témoin de 20 animaux (10 mâles et 10 femelles) de la même souche que les animaux carencés, mais parvenus naturellement au poids de 100-102g au cours de leur croissance (vers le 70-75e jour). Cette comparaison entre animaux de même poids permet de déterminer s'il y a eu modification dans les rapports biométriques des organes.

Le tableau ci-après donne les poids comparés, frais et secs, de divers organes, en milligrammes, pour les deux lots.

	Rats carencés.		Rats témoins.	
	Poids frais.	Poids sec.	Poids frais.	Poids sec.
Œil	119 ± 3,6	23,4 ± 0,7	99 ± 2,1	16,8 ± 0,2
Rein	642 ± 24	111 ± 2,6	477 ± 15	99 ± 1,9
Foie	5350 ± 198	1172 ± 46	6083 ± 152	1580 ± 39
Trouble digestif.	4890 ± 173	878 ± 39	6327 ± 140	1260 ± 32
Testicule	633 ± 17	85,6 ± 2,3	759 ± 13	98,9 ± 1,8
Rate	227 ± 13	44,9 ± 2,3	283 ± 12	56,6 ± 2,2
Thymus	72,8 ± 3,7	15,5 ± 0,8	270 ± 6	55,2 ± 2,1

	Rats carencés.		Rats témoins.	
	Poids frais.	Poids sec.	Poids frais.	Poids sec.
Hypophyse	3,7 ± 0,3	–	*4,5 ± 0,2	**6,2
Tibia	226,5 ± 8	172 ± 5	235 ± 9,5	136 ± 6
Fémur	309,6 ± 13	199,7 ± 7,8	285 ± 10,5	151,5 ± 6,4
Cubitus	59,4 ± 1,6	47,6 ± 1,3	58,2 ± 1,2	39,6 ± 0,7
Encéphale	1749 ± 31	344,4 ± 5,8	1685 ± 24	353,5 ± 4,9
Surrénales	22,7 ± 1,3	–	*24,4	**28,7 ± 1
Cœur	437 ± 11,4	88,7 ± 2,9	456 ± 12,6	98,7 ± 3,2
Poumons	657 ± 15	117,1 ± 4,8	675 ± 14,3	128 ± 5,2
Salivaires	280,7 ± 7,2	51,2 ± 1,4	223 ± 8,5	44,8 ± 1,7

* Mâles. ** Femelles.

Ces résultats peuvent se résumer ainsi : croissance de l'œil et du rein et faible croissance des salivaires, malgré la carence; teneur en eau élevée pour le rein; retard de croissance du foie et faible teneur en substances sèches, due à une faible teneur en glycogène; mêmes phénomènes de retard pour le tractus digestif et le testicule, mais le testicule est fonctionnel : des mâles carencés ont fécondé des femelles témoins, qui ont donné des portées normales; arrêt de croissance des surrénales et de l'hypophyse, qui ne présentent pas la différence de taille habituelle entre les sexes; évolution du thymus en fonction du temps, sans rapport avec la carence; le thymus croît, puis regresse; son involution est même accélérée chez les animaux carencés; les possibilités de croissance semblent indépendantes de l'état du thymus : 5 animaux carencés pendant 7 mois furent ensuite ramenés au régime ordinaire mixte; ils crûrent normalement, bien que la régression du thymus fut déjà très avancée; la rate, comme le thymus, régresse chez les rats carencés, mais moins fortement; les os des membres ont même poids frais et même longueur dans les deux lots, mais chez les rats carencés, la teneur en eau et en substances minérales des os est celle de l'os adulte, la calcification se poursuivant malgré la carence; l'encéphale, les poumons, le cœur, la musculature, conservent leurs rapports biométriques normaux.

La carence en cystine, pas plus que la carence en lysine, ne maintient l'organisme stationnaire.

BIOLOGIE MARINE. — *Les époques de fixation des organismes animaux déterminant la salissure des coques de bateaux.* Note de M. **R. Herpin**, présentée par M. Charles Gravier.

J'ai montré (¹) le rôle capital des Balanes et des Serpuliens dans l'encrassement des coques de bateaux revêtus d'une peinture toxique. Une autre considération de quelque importance est celle des époques de fixation. L'ignorance de ces dernières peut en effet entraîner des conclusions erronées en ce qui concerne l'efficacité des peintures. D'autre part la connaissance précise de ces époques, en ce qui concerne les Balanes et les Serpuliens, permet de déterminer les saisons où il y a intérêt à faire les carénages, afin que les coques restent indemnes le plus longtemps possible.

La méthode employée a été celle des lames immergées et relevées régulièrement chaque semaine. Deux appareils contenant chacun 25 lames ont été mouillés dans le port de commerce : l'un dans l'avant-port, l'autre dans le bassin à flot. Le premier était soumis aux fluctuations de la marée, sans toutefois jamais se découvrir; le second n'était soumis qu'aux variations du niveau de la haute mer. Deux autres appareils furent suspendus au bateau-citerne l'*Amphore*, ancré en petite rade, non loin de la jetée du Homet; l'un fut mouillé à 4^m de profondeur et l'autre à 8^m; mis en place, le 23 janvier 1936, ils restèrent en rade jusqu'au 6 août suivant. A cette époque, un cinquième appareil fut immergé, à 2^m de profondeur, dans l'avant-port militaire, suspendu au grand dock de relevage des sous-marins dont un carénage récent m'avait fait connaître la faune et la flore.

Durant la période d'hiver les seuls animaux qui se sont fixés ont été des Infusoires (Vorticellides, Folliculines, Acinétiens) et des Hydraires; ces derniers paraissent d'ailleurs se fixer toute l'année et, au printemps, leur développement est rapide.

L'encrassement très faible des mois d'automne et d'hiver, constaté sur mes divers appareils, a été confirmé par le carénage de la « Ville d'Ys ». Ce navire, chargé de la surveillance de la pêche dans les régions de Terre-Neuve et du Groenland, ayant séjourné dans le Saint-Laurent en fin de croisière avait dû s'y nettoyer. Après avoir passé l'automne et l'hiver à Cherbourg, il est entré en cale sèche le 4 mars. Son encrassement très

(¹) *Comptes rendus*, 204, 1937, p. 1004.

faible, réduit surtout aux parties en saillie, était sensiblement de même nature (Hydraires, Bryozoaires, petites Ascidies) que mon appareil de l'avant-port militaire. Ce cas est en opposition frappante avec celui du *Gaston Rivier*, sorti du bassin le 31 mars 1936 et caréné à nouveau le 28 janvier 1937, sur lequel s'étaient fixés un certain nombre de Balanes et de *Pomatoceros triqueter*.

Il résulte donc de ces faits qu'un bateau caréné en juillet ou plus tardivement ne possédera au mois d'avril suivant qu'un encrassement insignifiant; au bout de deux ans, son encrassement sera vraisemblablement comparable à celui revêtant au bout d'un an un navire caréné en mars.

Les Balanes se sont fixées à partir du début d'avril jusqu'au milieu de juin; si donc un bateau caréné en juillet, tel le *Fresnel*, et repassant au bassin en fin janvier ne présente que peu ou pas de Balanes, on ne peut en conclure à l'efficacité de la peinture. Par contre, les Serpuliens et particulièrement *Pomatoceros triqueter* L. ne sont apparus qu'à partir de juin; il s'en fixait encore en octobre.

Les Bryozoaires arborescents (*Bugula*) deviennent abondants vers la mi-juin, alors que des espèces encroûtantes se fixent tout l'été et l'automne. Les Ascidies apparaissent vers la mi-mai, elles se fixent abondamment tout l'été et se développent très rapidement. On observe encore des fixations à l'automne; mais durant la saison froide, ces animaux ne s'accroissent qu'avec une lenteur extrême.

Ces résultats sont probablement valables pour toute la Manche, en faisant quelques réserves sur la région du Pas-de-Calais. Il serait certainement abusif de les étendre à la Méditerranée. On sait en effet que la période de reproduction des animaux marins varie beaucoup avec la latitude et d'autre part les espèces ne sont pas toutes les mêmes.

Cette Note constitue donc seulement une première approximation, suffisante toutefois pour mettre en évidence l'intérêt pratique de ces recherches et l'aide que peut apporter la zoologie à la solution de problèmes intéressant la navigation.

A $15^h 50^m$ l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à $16^h 30^m$.

A. Lx.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

Ouvrages reçus pendant les séances de mars 1937.

Les insectes fossiles des terrains oligocènes de France, par Nicolas Théobald. Nancy, Imprimerie Georges Thomas, 1937; 1 vol. 25^{cm}.

Joseph-Louis Lagrange (1736-1936). Recueil d'articles en commémoration du 200e anniversaire du jour de sa naissance, in *Travaux de l'Institut de l'Histoire de la Science et de la Technique*. Moscou, Académie des sciences de l'U. R. S. S., 1937; 1 vol. 25^{cm},5 (en langue russe).

Mollusques terrestres et fluviatiles d'Asie Mineure, par Louis Germain, in *Voyage Zoologique d'Henri Gadeau de Kerville en Asie Mineure*, tome 1, seconde et dernière partie. Paris, Paul Lechevalier, 1936; 1 vol. 25^{cm},5.

Étude de quelques coaptations chez les crustacés, par Mauricette Macquart, in *Travaux de la station biologique de Roscoff*, fasc. 14. Paris, Les Presses universitaires de France, 1936; 1 fasc. 26^{cm}.

Propriétés générales des fluides moteurs, par Jean Villey, in *Mémorial des sciences physiques*, fasc. XXXIII. Paris, Gauthier-Villars, 1936; 1 fasc. 25^{cm}.

Morphologie des gels lipoïdes. Myéline, Cristaux liquides, Vacuoles, par J. Nageotte; Première partie : Généralités, in *Actualités scientifiques et industrielles*, fasc. 431; Deuxième partie : Structures à surfaces hydrophiles, in *Actualités scientifiques et industrielles*, fasc. 432; Troisième partie : Structures à surfaces hydrophobes. Structures vacuolaires, in *Actualités scientifiques et industrielles*, fasc. 433; Quatrième partie : Planches, 150 Microphotographies, 1 dessin, in *Actualités scientifiques et industrielles*, fasc. 434. Paris, Hermann et Cie, 1936; 4 fasc. 25^{cm},5.

Analogies corpusculaires et ondulatoires, par A. Buhl, in *Mémorial des sciences physiques*, fasc. XXXIV. Paris, Gauthier-Villars, 1937; 1 fasc. $25^{cm}5$.

(*A suivre.*)

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 19 AVRIL 1937.

PRÉSIDENCE DE M. EMMANUEL LECLAINCHE.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Président** souhaite la bienvenue à M. **Julius Wolff**, professeur à l'Université d'Utrecht, qui assiste à la séance.

M. le **Secrétaire perpétuel** dépose sur le bureau un volume intitulé Bibliothèque nationale et universitaire de Strasbourg. *Inventaire des Périodiques des Bibliothèques de Strasbourg*, par Marie Kuhlmann. Ouvrage publié avec le concours de l'Académie des Sciences (Fondation Loutreuil).

BIOCHIMIE. — *Le plasma des fibres musculaires lisses étudié à l'aide de la méthode à l'acétone aux basses températures.* Note de MM. **Charles Achard** et **Maurice Piettre.**

Des recherches antérieures sur les protéides les plus simples des principaux éléments cellulaires constituant les parenchymes organiques nous ont conduits à la cellule ou fibre musculaire lisse par comparaison avec la fibre musculaire striée (1).

Si, pour l'étude biochimique de celle-ci, les matériaux sont extrêmement abondants, il n'en est pas de même pour celle-là. Bien que très répandues dans les tissus, les fibres lisses forment rarement des masses suffisamment importantes, sauf, par exemple, dans l'utérus et les divers segments du tube digestif.

La musculeuse utérine s'est prêtée difficilement à ces recherches, et très

---

(1) Maurice Piettre, *Comptes rendus*, 181, 1925, p. 737.

vite il a fallu s'adresser de préférence à la dernière partie de l'intestin, le rectum où les fibres lisses, chez les grands animaux, constituent un véritable muscle blanc à direction longitudinale avec d'épaisses brides circulaires à certains niveaux plus particulièrement.

I. Les premiers organes nous ont été envoyés, après glaçage, de l'abattoire régional de Saint-Pourçain-sur-Sioule (Allier). Pour la recherche du glycogène et des sucres, on a eu recours à des organes prélevés aux abattoirs de Vaugirard, soumis immédiatement au froid après sacrifice des animaux.

L'isolement du muscle rectal, pénible à froid, est très aisé quand l'organe vient d'être prélevé; le manchon conjonctivo-péritonéal est enlevé au scalpel, la muqueuse est râclée rapidement sous courant d'eau distillée.

Le poids moyen oscille entre 350 et 500^g suivant la taille des bovins de race charollaise.

La technique précédemment utilisée (broyage au Latapie et éclatement à l'histoclaste) a dû être remplacée par la suivante : congélation aux environs de -9° puis passage à deux reprises au broyeur ordinaire des laboratoires, nouvelle congélation suivie de décongélation lente à $+2^\circ$, enfin passage par masse de 100^g environ, à la presse de puissance d'ailleurs insuffisante. En chambre froide on recueille lentement 160^{cm^3} environ de plasma par organe, soit en moyenne 45^{cm^3} pour 100.

Les tourteaux sont additionnés en chambre froide de 150^{cm^3} d'eau distillée rapidement absorbée, puis soumis après congélation et décongélation à un deuxième passage à la presse donnant un extrait sec représentant le 1/3 du premier.

On a traité en général séparément les deux liquides.

Le plasma de première extraction, le plus riche en matières sèches ($4^g,8$ à $5^g,75$ pour 100), clair après centrifugation, de teinte légèrement blonde, possède une très légère réaction au papier sensible de tournesol, marque Gallois, et au pH moyen 6,95 par la méthode électrométrique.

II. La séparation des protéines a été obtenue par la méthode à l'acétone légèrement modifiée.

Les *globulines* sont précipitées, en milieu légèrement acide suivant la technique habituelle, mais ici l'optimum de floculation est difficile à préciser.

Pour un pH 4,9 qui paraît le plus favorable, il reste toujours à l'état dispersé une notable proportion qu'on ne peut floculer que par plusieurs précipitations acétoniques suivies d'autant de reprises à l'eau distillée.

L'*albumine* elle-même, après deux ou trois congélations et décongélations pour dernière purification, est obtenue de ses solutions aqueuses par dessiccation sur vide sulfurique, et assez fréquemment il se produit des noyaux de cristallisation diffuse.

L'analyse élémentaire a donné les résultats suivants, pour 100 de matière séchée à 103-104° :

	C.	H.	N.	S.
I. Globuline floculée par les acides...........	50,4	7,2	15,8	0,9
II. Globuline séparée par l'acétone à froid.....	50,7	7,4	15,6	0,8
III. Albumine...............................	51,0	7,0	16,4	1,4

Rendements moyens respectifs pour 100 de plasma : première globuline, 1g,58; deuxième globuline, 0g,95; albumine, 0g,88.

III. L'extractif acétonique aqueux débarrassé d'acétone, épuisé à l'éther puis séché sous vide sulfurique, est une substance blonde, très hygroscopique, ayant les mêmes caractères physiques que l'extrait du muscle strié mais ne noircit pas sensiblement au contact de l'air. Il représente en moyenne 1g,35 pour 100 de tissu initial.

Il contient en acides aminés, d'après la technique de Sörensen, de 18 à 27 pour 100, et après hydrolyse des polypeptites par SO^4H^2 à 20 pour 100 de concentration, pour $t = 120°$, pendant 4 heures, on obtient 10 à 15 pour 100 en plus.

La teneur en lipides est extrêmement faible. La recherche et le dosage de la créatine n'ont pas donné de résultats satisfaisants. Le glycogène a été isolé par la potasse alcoolique à partir du muscle frais refroidi aussitôt après prélèvement; sur huit organes, deux seuls ont donné de très petites quantités de matière ($<$ 0,01 pour 100).

Dans le plasma de première extraction, présence de sucres réducteurs à l'état de traces. Les teneurs en sels sont les suivantes pour 100 : chlorures calculés à l'état de NaCl, 0g,23 à 0g,28; phosphore minéral, 0,07 à 0,095; potassium, 0g,18 à 0g,197; sodium, 0g,10 à 0g,12 (dosage par la méthode Blanchetière-Kahane). On voit qu'ici, comme dans les muscles striés, le potassium est nettement prédominant, contrairement aux données classiques.

Conclusion. — Ces premières recherches mettent en évidence certains caractères particuliers à la fibre lisse : réaction très voisine de l'alcalinité, extrême pauvreté en pigment rouge, très faible teneur en sucres simples ou condensés (glycogène), importance des acides aminés. La biochimie de la contraction lente semble donc désormais devoir être envisagée d'une façon différente de celle proposée pour la fibre striée.

M. **Selman A. Waksman** fait hommage à l'Académie d'un Ouvrage intitulé *Humus. Origin, Chemical Composition, and Importance in Nature.*

NOMINATIONS.

M. **Charles Achard** est désigné pour faire une *Lecture* dans la séance publique solennelle des cinq Académies, le 25 octobre 1937.

ÉLECTIONS.

Par la majorité absolue des suffrages, MM. **Émile Picard**, **Aimé Cotton** pour la Division des Sciences mathématiques; **Maurice Caullery**, **Charles Achard** pour la Division des Sciences physiques; **Maurice d'Ocagne**, **Maurice de Broglie** pour la Division des Académiciens libres, sont élus membres de la Commission qui, sous la présidence de M. le Président de l'Académie, dressera une liste de candidats à la place d'Académicien libre vacante par le décès de M. *Jean Charcot.*

CORRESPONDANCE.

THÉORIE DES NOMBRES HYPERCOMPLEXES. — *Sur l'équation* $\nabla^{\succ} C = \alpha C$. Note de M. **André Mercier**, présentée par M. Élie Cartan.

Les présentes remarques font suite à des Notes de G. Juvet et de l'auteur [1]. Considérons dans l'espace E_4 les quatre unités principales Γ_i des nombres de Clifford et les unités γ_i définies par Juvet,

$$(1)\qquad \gamma_1 = \Gamma_1 - i\Gamma_2, \qquad \tilde{\gamma}_1 = \Gamma_1 + i\Gamma_2, \qquad \gamma_2 = \Gamma_3 + i\Gamma_4, \qquad \tilde{\gamma}_2 = \Gamma_3 - i\Gamma_4.$$

(1) G. Juvet, *Comptes rendus*, 202, 1936, p. 183 et 540; *Comm. Math. Helv.*, 8, 1936, p. 264; A. Mercier, *Comptes rendus*, 201, 1935, p. 1320.

Les nombres de Clifford peuvent toujours se mettre sous la forme d'une combinaison des γ_i. Juvet considère les produits qu'on obtient avec ces derniers en les groupant comme suit :

$$\text{(A)} \qquad \gamma_1\tilde{\gamma}_1\tilde{\gamma}_2, \quad \gamma_2\tilde{\gamma}_2\tilde{\gamma}_1, \quad \tilde{\gamma}_1\tilde{\gamma}_2, \quad \gamma_1\gamma_2\tilde{\gamma}_1\tilde{\gamma}_2,$$

$$\text{(B)} \qquad \tilde{\gamma}_1\gamma_1\tilde{\gamma}_2, \quad \gamma_2\tilde{\gamma}_2\gamma_1, \quad \gamma_1\tilde{\gamma}_2, \quad \tilde{\gamma}_1\gamma_2\gamma_1\tilde{\gamma}_2.$$

Formons une combinaison linéaire à coefficients complexes des unités (A)

$$\varphi = \varphi_1\gamma_1\tilde{\gamma}_1\tilde{\gamma}_2 + \varphi_2\gamma_2\tilde{\gamma}_2\tilde{\gamma}_1 + \varphi_3\tilde{\gamma}_1\tilde{\gamma}_2 + \varphi_4\gamma_1\gamma_2\tilde{\gamma}_1\tilde{\gamma}_2,$$

et une autre avec celles de (B)

$$\psi = \psi_1\tilde{\gamma}_1\gamma_1\tilde{\gamma}_2 + \psi_2\gamma_2\tilde{\gamma}_2\gamma_1 + \psi_3\gamma_1\tilde{\gamma}_2 + \psi_4\tilde{\gamma}_1\gamma_2\gamma_1\tilde{\gamma}_2.$$

Tout nombre de Clifford peut se mettre sous la forme $C = \varphi + \tilde{\varphi} + \psi + \tilde{\psi}$ ($\sim$ désigne la quantité conjuguée). Posons $\Phi = \varphi + \tilde{\varphi}$, $\Psi = \psi + \tilde{\psi}$. En notation cliffordienne, Φ et Ψ sont des combinaisons linéaires à coefficients réels des Γ_i. On sait qu'on peut toujours les mettre sous la forme

$$\text{(2)} \qquad I_1 + V_1 + B + \Gamma(V_2 + I_2) \qquad (\Gamma = \Gamma_1\Gamma_2\Gamma_3\Gamma_4),$$

où I_1 et I_2 sont des invariants, V_1 et V_2 des vecteurs, B un tenseur d'ordre 2. On vérifie que

$$\text{(3)} \qquad \text{pour } \Phi : \quad I_1 = I_2, \quad V_1 = -V_2; \qquad \text{pour } \Psi : \quad I_1 = -I_2, \quad V_1 = V_2.$$

Envisageons alors l'équation

$$\text{(4)} \qquad \nabla^{\to} C = \alpha C,$$

où α est une constante scalaire réelle. Nous avons montré qu'elle implique

$$\text{(5)} \qquad \operatorname{Div} B + \operatorname{grad} I_1 = \alpha V_1, \qquad \operatorname{max} B - \operatorname{grad} I_2 = \alpha V_2.$$

Si, dans (4), C est soit un Φ, soit un Ψ, il résulte de (3) et (5) que, pour Φ,

$$\operatorname{Div} B + \operatorname{max} B = 0;$$

pour Ψ,

$$\operatorname{Div} B - \operatorname{max} B = 0.$$

Imposons alors d'une manière générale au tenseur B d'un nombre de Clifford C solution de (4) l'une des deux conditions

$$\text{(6)} \qquad \operatorname{Div} B \pm \operatorname{max} B = 0.$$

On a alors $\nabla^{\to} B = (1 \mp \Gamma) \operatorname{Div} B$. De (4) résulte $\nabla^2 B = \alpha^2 B$; d'autre part

Div Div $V \equiv o$. Donc $B = \alpha^{-2}(1 \pm \Gamma)\,\mathrm{rot\,Div}B$. On a aussi max $\mathrm{rot} \equiv o$, d'où il résulte que

$$\max B = o = \mathrm{Div}\,B,$$

et par conséquent $B = o$. Cela nécessite que φ_3 et ψ_3 soient nuls et que φ_4 et ψ_4 soient purement imaginaires.

D'ailleurs, avec la condition (6) le nombre de Clifford C se réduit à $C = I_1 + V_1 + \Gamma(V_2 + I_2)$, et l'on a toujours $\mathrm{grad}\,I_1 = \alpha V_1$, $\mathrm{grad}\,I_2 = -\alpha V_2$, d'où l'on déduit

$$C = \left(1 + \frac{\nabla \rightarrow}{\alpha}\right)(I_1 + \Gamma I_2). \tag{7}$$

Donc les nombres particuliers Φ ou Ψ qui sont solution de (4) ont la forme (7), où I_1 et I_2 peuvent être choisis arbitrairement, car (7) satisfait (4) identiquement.

De toute manière, si l'on a une solution de la forme Φ et une autre de la forme Ψ, on n'obtiendra pas un nombre $C = \Phi + \Psi$ pour lequel $B \neq o$. En général il est possible de trouver une solution pour laquelle $B \neq o$. On peut en effet choisir par exemple six fonctions scalaires arbitraires : f_1, f_2, $(g_1, g_2, g_3, g_4) = G$, et poser

$$C = (\nabla^2 + \alpha\,\mathrm{grad})(f_1 + \Gamma f_2) + (\mathrm{Div} + \alpha + \mathrm{rot})G,$$

qui est solution de (4) et dont le tenseur d'ordre 2 est différent de zéro : $\mathrm{rot}\,G \neq o$.

GÉOMÉTRIE. — *Sur les figures de Lemoine et de Brocard dans le tétraèdre.* Note de M. **Paul Delens**, présentée par M. Élie Cartan.

1. Je complète d'abord certains résultats antérieurs [1], dus en partie aussi à des auteurs ayant étudié la géométrie anallagmatique d'un groupe de quatre points [2]. Soient, dans le tétraèdre de base $\mathcal{T} \equiv ABCD$, $\mu_J (J = A, B, C, D)$ les coordonnées barycentriques d'un point M. J'appelle coordonnées *principales* homogènes de M les quantités $\mu_J/4R_J s_J$; le point-

(1) *Comptes rendus*, **203**, 1936, p. 837-839 et 1213-1215; **204**, 1937, p. 319-321; *Mathesis*, **51**, 1937, p. 119-127. Je rectifie un lapsus et un coefficient erroné de ma dernière Note des *Comptes rendus*, p. 320 : on lira, ligne 5, $R^2 \sin^2 U'$ *au lieu de* $9V^2R^2$, et ligne 13 du bas, $2U$ *et non* $2U''$ tel que $\cot U = \sqrt{2}\cot U''$.

(2) Cf. Frank et F.-V. Morley, *Inversive Geometry*, Londres, 1933, p. 58, 194 et 253.

unité du système est le point L de Lemoine. Les tétraèdres $\mathcal{T}_p \equiv LL_1L_2L_3$, *principal* (ou de Lemoine) et $\mathcal{T}_a \equiv L_A L_B L_C L_D$, *adjoint de* $\mathcal{T}$, ont pour sommets les points doubles de l'inversion tétraédrique principale, qui conserve la sphère $\mathcal{O}$ cirsconscrite à $\mathcal{T}$ (et $\mathcal{T}_a$).

Les coordonnées principales de M *sont proportionnelles aux coordonnées triangulaires normales des traces des céviennes* JM *dans les triangles correspondants* Θ *associés à* $\mathcal{T}$. J'emploierai les coordonnées principales *absolues* $\varpi_J = d_J/\sin J$ (d_J coordonnées tétraédriques normales absolues de M), distances obliques de M aux faces de $\mathcal{T}$, évaluées parallèlement aux génératrices des cônes circonscrits à $\mathcal{O}$ des sommets du tétraèdre $\mathcal{T}_t$, *tangentiel* de $\mathcal{T}$. Pour L ces ϖ_J ont pour valeur commune $\mathcal{R}_{op} = 1/2\,R \operatorname{tang} \mathfrak{U}$, donc : *les quatre triangles associés principaux* Θ_p *dont les plans passent par* L *sont égaux;* L *est le centre d'homothétie de* $\mathcal{T}_t$ *et des tétraèdres dont les faces découpent sur* $\mathcal{T}$ *des triangles associés égaux. La sphère de centre* L, *rayon* $\mathcal{R}_{op}$ (correspondant au second cercle de Lemoine d'un triangle), *découpe sur les faces de* $\mathcal{T}$ *des cercles de rayons* $\mathcal{R}_{op}\cos J$ *et définit avec* $\mathcal{O}$ *un système quadratique de sphères, d'axe* OL, *chacune inscrite à quatre triangles associés égaux* (nouveau système de Tücker).

2. J'ai caractérisé le tétraèdre *isodynamique* par l'égalité $U = \mathfrak{U}$ des angles de Brocard. En général, $\overline{OL}^2 = R^2(1 - 2\operatorname{tang} U \operatorname{tang} \mathfrak{U})$, d'où les inégalités

$$\cot^2\mathfrak{U} \geqq \cot U \cot\mathfrak{U} \geqq 2; \tag{1}$$

la seule condition $\cot U \cot \mathfrak{U} = 2$ caractérise (dans le domaine réel) le tétraèdre *équifacial;* les deux égalités limites définissent le tétraèdre *régulier*.

Je suppose les angles $J_i (i = 1, 2, 3)$ et $J = A, B, C, D$ de $\mathcal{T}$ mesurés positivement. Soit un anatétraèdre $\mathcal{T}' \equiv M.ABCD$ de pôle M. Ses faces sont les sphères Ω_J, *annexes* pour M, coupant $\mathcal{O}$ sous des angles *algébriques* $J' = A', B', C', D'$. L'inversion de pôle M, puissance $p = \overline{MO}^2 - R^2$, transforme $\mathcal{T}'$ en un tétraèdre $\mathcal{T}_m$, *métaharmonique* de $\mathcal{T}$ pour M, dont les angles fondamentaux sont, aux signes près, les angles J_i et J' de $\mathcal{T}'$ que je conserve ici pour simplifier. Soient ω_J les centres des sphères Ω_J; on obtient

$$\overline{O\omega_J} = \frac{p}{2R} = \frac{\varpi_J}{\cot J' - \cot J} = \frac{\Sigma\varpi_J}{\cot U' - \cot U} \tag{2}$$

(U' angle de Brocard pour $\mathcal{T}'$), d'où : *les coordonnées principales de* M *sont les mêmes dans* $\mathcal{T}$ *et* $\mathcal{T}_m$.

$p = 0$ est l'équation de $\mathcal{O}$, $\Sigma\varpi_J = 0$ celle du plan Λ de Lemoine; en posant $\cot U' = n \cot U$, l'équation $(n-1)p \cot U - 2R\Sigma\varpi_J = 0$ définit *les sphères du faisceau* $\mathcal{O}$, Λ *de Schoute, lieux des points* M *dont les tétraèdres métaharmoniques* $\mathcal{T}_m$ *ont même angle de Brocard;* à des valeurs opposées de n correspondent des sphères inverses pour $\mathcal{O}$. *Les centres isodynamiques* W, W* *donnent deux tétraèdres* $\mathcal{T}_m$ *équifaciaux.* La sphère idéale de centre L, du faisceau de Schoute, est orthogonale à $\mathcal{O}$; p' étant la puissance de M pour cette sphère, l'équation précédente prend *la forme simple* $p' - np = 0$.

3. On complète ces résultats par une méthode élémentaire connue, mais non exploitée, semble-t-il, pour le cas général; les recherches dans ce sens paraissent s'être arrêtées à mi-route, au cas $\mathcal{T}$ isodynamique. L'inversion (M, p) donne pour $\mathcal{T}_m$

$$(3) \qquad (4\,R_J s_J)_m = (4\,R_J s_J)\,\frac{|p^3|\,\overline{MJ}^2}{\overline{MA}^2 . \overline{MB}^2 . \overline{MC}^2 . \overline{MD}^2}.$$

Le réseau linéaire des sphères par W, W*, orthogonal à $\mathcal{O}$, Λ, est défini, en posant $v_J = 4\,R_J s_J$, par

$$(4) \qquad \Sigma x_J v_J \overline{MJ}^2 = 0, \qquad \Sigma x_J = 0 \qquad (J = A, B, C, D).$$

Chaque sphère de ce réseau répond donc à *une relation linéaire constante entre les différences des expressions* $v_J \overline{MJ}^2$, *ou entre celles des* $(v_J)_m$; pour chaque sphère d'Apollonius, une de ces différences est nulle. En outre, *les quantités* $\cot J'$ *sont des fonctions linéaires homogènes des* $(v_J)_m$, invariants anallagmatiques relatifs de l'anatétraèdre; *leurs différences s'expriment en fonction de deux des différences précédentes* (et inversement), d'où une nouvelle forme du résultat. Je ne puis entrer davantage ici dans le détail, ni indiquer des conséquences plus particulières; l'analogie avec le cas du triangle est d'ailleurs très poussée.

THÉORIE DES ENSEMBLES. — *Sur les conditions de convexité d'une variété* V_{p-1} *à* $p-1$ *dimensions plongée dans l'espace euclidien* R_p *à p dimensions* (¹). Note (²) de M. **Louis Pasqualini**.

I. Soit $x_p = f(a)$ l'équation d'une rondelle Σ découpée sur une telle variété, où a désigne un point quelconque du continu convexe K, projection de Σ sur $x_p = 0$. Considérons la fonction

$$\varphi(a, b, d) = f(d) - \frac{\overline{bd}}{\overline{ba}} f(a) - \frac{\overline{ad}}{\overline{ab}} f(b),$$

où a et b sont des points de K et d un point du segment $\overline{ab}$. On démontre que la condition nécessaire et suffisante pour que Σ soit convexe dans son ensemble et à convexité positive (ou négative) est que l'on ait partout $\varphi \geqq 0$ (ou $\varphi \leqq 0$).

On en déduit que pour qu'un point M d'une variété V_{p-1} soit un point c_+, il faut et il suffit que φ soit non négative dans les environs de m, projection de M sur $x_p = 0$. Nous avons montré (³), dans le cas $p = 3$, que Σ est convexe positivement quand tous ses points intérieurs sont des points c_+ (⁴), sauf un ensemble punctiforme E; il en résulte que la fonction φ correspondant à une fonction f, continue sur une région plane convexe r, est non négative partout, pourvu qu'elle le soit sur $r - e$, e étant punctiforme.

II. Soit E un ensemble ponctuel prélevé sur une rondelle Σ, $p-1$ dimensionnelle; supposons que tous les points intérieurs à $\Sigma - E$ soient des c_+. Proposons-nous d'obtenir un critère de convexité de Σ en limitant supérieurement la dimension de E (en un sens que précisera notre raisonnement lui-même).

Des exemples (⁵) montrent que l'ensemble $\{n\}$ des points n d'une

---

(¹) Pour les notations et définitions voir L. Pasqualini, *Comptes rendus*, 204, 1937, p. 222.

(²) Séance du 12 avril 1937.

(³) L. Pasqualini, *Comptes rendus*, 204, 1937, p. 646.

(⁴) On peut supposer que ces points sont des points c_+, au sens large; en effet, dans la démonstration que nous avons donnée aux *Comptes rendus*, p. 646, l'hypothèse des c_+, au sens strict, n'est pas intervenue.

(⁵) I. Exemple de point n intérieur à $\{n\}$: l'origine des coordonnées pour la

variété V_{p-1} non convexe peut avoir des points intérieurs, ou à défaut, contenir des continus $p-2$ dimensionnels. Nous exclurons les uns et les autres si nous soumettons E à la condition C que voici : *cet ensemble est astreint à ne contenir aucun continu à plus de $p-3$ dimensions.* Nous savons [3] que cette condition suffit pour $p=3$, nous avons prouvé par récurrence qu'elle suffit aussi pour p quelconque. Pour abréger, nous ne traiterons que le cas $p=4$. Désignons par e la projection de E sur $x_4=0$, par c_+ (ou n) un point de K, projection d'un c_+ (ou n) de Σ.

III. Cas particulier. — *e est situé dans un plan* P.

Si $\overline{ab}$ ne coupe pas P on a, sur $\overline{ab}$, $\varphi \geqq 0$. Si $\overline{ab}$ coupe P en un point m exclu de e, on peut décrire une sphère S, assez petite, pour que tout point situé dans ou sur S soit un c_+. Dans le volume obtenu en réunissant les cônes de sommets a et b ayant pour base commune la section de S par P, on a $\varphi \geqq 0$. Si $\overline{ab}$ porte entre ses extrémités un point g de e, il existe un plan passant par $\overline{ab}$ qui coupe les environs e_1 de g sur e suivant un ensemble punctiforme; sinon, tout plan passant par $\overline{ab}$ couperait e_1 suivant un segment de droite, ce qui exigerait que e_1 soit un continu à deux dimensions; donc que E contienne un continu bidimensionnel, contrairement à l'hypothèse C [6]. Il en résulte que $\varphi \geqq 0$ quand d parcourt $\overline{ab}$. Si $\overline{ab}$ est dans P, on peut former une suite $\{\overline{a_i b_i}\}$, tendant vers $\overline{ab}$, n'ayant aucun point dans P; comme sur chaque $\overline{a_i b_i}$, $\varphi \geqq 0$ il en est de même sur $\overline{ab}$. Quelle que soit la position de $\overline{ab}$ la fonction étant positive ou nulle, Σ est convexe.

IV. Cas général. — 1° $\overline{ab}$ ne porte aucun point de e entre ses extrémités.

D'après le n° 9 de mon travail [7], $\varphi \geqq 0$ sur $\overline{ab}$.

---

variété $x_p = x_1^2 - x_2^2 + \psi(x_3, \ldots, x_{p-1})$ où ψ est une fonction continue, nulle à l'origine.

II. La variété ayant pour équations

$$\sum_{i=1}^{p} x_i^2 - 2x_1 - 1 = 0 \quad \text{pour } x_1 \geqq 0 \qquad \text{et} \qquad \sum_{i=1}^{p} x_i^2 + 2x_1 - 1 = 0 \quad \text{pour } x_1 \leqq 0,$$

admet pour $\{n\}$ l'hypersphère à $p-2$ dimensions de l'espace, $x_1 = 0$ ayant pour équation $\sum_{i=2}^{p} x_i^2 = 1$.

(6) La notion de dimension intervient ici seulement pour la construction de notre raisonnement par l'absurde, et à propos d'une figure pour laquelle cette notion a son sens courant très immédiat.

(7) L. Pasqualini, *Bull. Acad. Roy. Belg.*, 22, 1936, p. 1054.

2° $\overline{ab}$ porte des points de e, le point a est exclu de e.

Je dis qu'il existe un cône de révolution Γ de sommet a, d'axe $\overline{ab}$, ayant pour base un cercle de centre b, tel que si l'on désigne par $\{\nu\}$ l'intersection de $\{n\}$ et de Γ, il existe un demi-plan π issu de ab coupant $\{\nu\}$ suivant un ensemble punctiforme. En effet, s'il n'en était pas ainsi, dans tout demi-plan π_i issu de ab, il y aurait, au moins, un arc ([8]) formé de points ν, ayant une extrémité sur $\overline{ab}$.

D'autre part la collection des points ν, portée par un demi-plan variable π_i, tendant vers un demi-plan fixe π, a pour limite la collection portée par π; car, en effet, 1° l'ensemble $\{\nu\}$ est fermé, 2° un point ν de π ne peut avoir sur $\{\nu\}$ un voisinage plan, d'après le cas particulier ci-dessus. On en déduit que lorsque π_i tourne autour de ab, le premier arc, à partir de a, sur π_i, constitué par des points ν, engendre une rondelle de surface ([6]), ce qui contredirait l'hypothèse ([7]) et établit l'existence d'un demi-plan π coupant ν suivant un ensemble punctiforme, et par suite que $\varphi \geqq 0$ sur $\overline{ab}$.

3° a et b sont des points de e.

On peut former une suite $\{a_i b_i\}$ tendant vers $\overline{ab}$, les a_i étant tous exclus de e; sur chaque $\overline{a_i b_i}$, $\varphi \geqq 0$; donc, aussi, sur $\overline{ab}$.

La fonction φ étant non négative partout, la rondelle Σ est convexe.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur une propriété qui caractérise la transformation conforme.* Note ([1]) de M. **Théodore Anghelutza.**

M. G. Tzitzéica ([2]) considère une courbe (c) et sa correspondante (C), obtenue par la transformation conforme

$$W = f(z),$$

et il établit entre les courbures K et k de ces courbes, en deux points correspondants, la formule

$$K = \frac{k}{|f'(z)|} + \frac{d}{dn}\left[\frac{1}{|f'(z)|}\right]; \qquad (1)$$

les autres notations étant celles que l'on emploie habituellement. Dans ce qui suit je me propose de généraliser la formule (1) pour démontrer ensuite

([8]) $\{\nu\}$ sous-ensemble $\{n\}$ est contenu dans e, qui ne contient par hypothèse aucun continu bidimensionnel, donc l'intersection de $\{\nu\}$ par π est constituée par des arcs et des points.

([1]) Séance du 12 avril 1937.

([2]) *Comptes rendus*, **194**, 1932, p. 476.

la proposition réciproque de celle de M. G. Tzitzéica. On aura ainsi une propriété caractéristique de la transformation conforme.

Soit la transformation définie par la fonction de z

$$W = f(z) = u(x, y) + i\,v(x, y), \tag{2}$$

qui cette fois n'est plus analytique. La courbe (C) est la transformée de la courbe (c) par la formule (2), $M(w)$ et $m(z)$ deux points correspondants sur ces courbes. Désignons par ds et $d\sigma$ leurs éléments d'arc, par α et β les angles de leurs tangentes en m et M avec l'axe Ox. On a $dz = ds\,e^{i\alpha}$, $dw = d\sigma\,e^{i\beta}$.

Ceci étant on trouve la formule

$$K\left(\frac{d\sigma}{ds}\right)^3 = k\frac{D(u, v)}{D(x, y)} - E \tag{3}$$

avec

$$E = \left(\frac{du_x}{ds}\cos\alpha + \frac{du_y}{ds}\sin\alpha\right)\frac{dv}{ds} - \left(\frac{dv_x}{ds}\cos\alpha + \frac{dv_y}{ds}\sin\alpha\right)\frac{du}{ds},$$

où K et k ont la même signification que dans la formule (1). Quant à $d\sigma/ds$, il est le module de dw/dz et l'on a ([3])

$$\frac{dw}{dz} = \frac{1}{2}(u_x + v_y) + \frac{1}{2}(v_x - u_y)\,i + \frac{e^{-2i\alpha}}{2}[u_x - v_y + (v_x + u_y)\,i].$$

On peut maintenant énoncer la réciproque de la proposition de M. G. Tzitzéica :

Pour cela il est nécessaire de remarquer que dans le cas de la transformation conforme le terme $E/(d\sigma/ds)^3$ *est une fonction rationnelle en* $\cos\alpha$ *et* $\sin\alpha$.

Théorème. — *Si l'expression* $E/(d\sigma/ds)^3$ *est une fonction rationnelle en* $\cos\alpha$ *et* $\sin\alpha$, *alors la transformation* (2) *est une transformation conforme et la formule* (3) *prend la forme* (1).

La démonstration repose sur le fait que, si la transformation (2) n'est pas conforme, on doit avoir

$$\frac{D(u, v)}{D(x, y)} = 0.$$

C'est cette propriété de la transformation conforme que je voulais mettre en évidence.

([3]) B. Riemann, *Œuvres mathématiques* (Trad. Laugel), p. 3; E. Picard, *Traité d'Analyse*, II, p. 2.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les séries entières représentant les exponentielles de polynomes*. Note de M. **Paul Lévy**.

Les résultats de calcul des probabilités que j'ai énoncés ([1]) reposent sur la solution d'un problème d'analyse pouvant présenter de l'intérêt par lui-même. Nous poserons

$$P_m(x)=\sum_{1}^{m} a_\nu x^\nu, \qquad P(x)=P_p(x), \qquad F(x)=e^{P(x)}=\sum_{0}^{\infty} A_n x^n;$$

les indices ν et m sont toujours $\leqq p$. Il s'agit de savoir *quelles conditions doivent vérifier les coefficients de* $P(x)$ *pour que tous les* A_n *soient non négatifs.*

Il faut évidemment, si p est le degré de $P(x)$ (c'est-à-dire $a_p \neq 0$), que a_p soit positif. Désignons respectivement par δ et δ_m les p. g. c. d. des degrés des termes non nuls de $P(x)$ et $P(x)-P_m(x)$. Une réduction évidente permet de supposer $\delta=a_p=1$. S'il existe un m tel que a_m soit négatif et que δ_m ne divise pas m, on a, pour x infini positif, $F(x)=o[F(x\exp.2\pi i/\delta_m)]$, d'où résulte que la suite des A_n présente une infinité de changements de signes. *Pour que le nombre des* A_n *négatifs soit fini, il faut donc (condition* α*) que, pour tout m tel que* $a_m<0$, δ_m *existe* (donc $m<p$, ce qui équivaut à la condition déjà indiquée $a_p>0$) *et divise m. Cette condition est aussi suffisante;* indiquons le principe de la démonstration. De $F'(x)=F(x)P'(x)$ résulte la relation

$$(1) \qquad (n+p)A_{n+p}=a_pA_n+a_{p-1}A_{n+1}+\ldots+a_1A_{n+p-1},$$

d'où, en posant $A_n\Gamma(1+n/p)=B_n$ et tenant compte de $a_p=1$,

$$(2) \qquad B_{n+p}-B_n=\lambda_1^{(n)}B_{n+1}+\lambda_2^{(n)}B_{n+2}+\ldots+\lambda_{p-1}^{(n)}B_{n+p-1},$$

les $\lambda_h^{(n)}$ tendant vers zéro avec $1/n$ et leur ordre infinitésimal, pour ceux qui ne sont pas identiquement nuls, croissant avec h. L'étude de cette relation de récurrence dépend de l'*équation caractéristique*.

$$(3) \qquad q^p-1=\lambda_1^{(n)}q+\lambda_2^{(n)}q^2+\ldots+\lambda_{p-1}^{(n)}q^{p-1}.$$

Soit $q_k^{(n)}$ la racine de (3) qui tend, pour n infini, vers $\exp.2k\pi i/p$ (k défini

([1]) *Comptes rendus*, 204, 1937, p. 944.

mod p). D'après la condition α (qui, compte tenu de $\delta = 1$, est pour cela nécessaire et suffisante) $q_0^{(n)}$ est plus grand que tous les autres $|q_k^{(n)}|$, et, en posant $Q_k^{(n)} = q_k^{(1)} q_k^{(2)} \ldots q_k^{(n)}$, on a $Q_k^{(n)} = o(Q_0^{(n)})$ (pour $k \neq 0$, $n \to \infty$); $Q_0^{(n)}$ est d'ailleurs réel et positif. Posant d'autre part

$$(4) \qquad B_{n+\nu} = \sum_0^{p-1} \gamma_k^{(n)} Q_k^{(n)} (q_k^{(n)})^\nu \qquad (\nu = 0, 1, \ldots, p-1),$$

et étudiant les différences $\gamma_k^{(n+1)} - \gamma_k^{(n)}$ (par une sorte de *méthode de la variation des constantes*), on arrive au résultat suivant : la solution générale de (2) est de la forme

$$(5) \qquad B_n = \sum_0^{p-1} c_k B_{n,k} \qquad (c_k = \text{const.},\ B_{n,k} \sim Q_k^{(n)} \text{ pour } n \to \infty).$$

Pour arriver au résultat énoncé, il reste à montrer que, pour les coefficients B_n liés à l'exponentielle $F(x)$, on a $c_0 \neq 0$ [d'où $c_0 > 0$, puisque $F(x)$ est infini positif avec x]. Cela résulte de ce que $c_0 = 0$ entraînerait $B_n = o(B_{n,0})$, d'où, pour x infini positif, $F(x) = o(y)$, en posant

$$y = \sum_0^\infty \frac{B_{n,0} x^n}{\Gamma\left(1 + \frac{n}{p}\right)}.$$

L'impossibilité de cette circonstance résulte de ce que y vérifie l'équation différentielle $y' - y P'(x) =$ polynome en x de degré $p - 2$, facile à intégrer, et dont toutes les solutions sont $O[F(x)]$.

Le résultat énoncé est ainsi établi. D'une manière plus précise, on peut déterminer N tel que $A_n > 0$ pour $n > N$, et que cette circonstance subsiste quand, sans changer les signes des a_m ni les valeurs de ceux de ces coefficients qui sont positifs ou nuls, on fait varier dans des intervalles bornés les modules des coefficients négatifs.

Appelons d'autre part *condition* β la condition suivante : $Q_m(x)$ désignant la somme des termes positifs de $P_m(x)$, pour tout m tel que $a_m < 0$, la série entière représentant l'exponentielle $\exp. Q_m(x)$ a un terme non nul en x^m. Cette condition est nécessaire pour qu'il n'y ait aucun A_n négatif; si, en effet, elle n'est pas vérifiée, et si l'on prend pour m le plus petit entier qui la mette en défaut, on a $A_m = a_m < 0$. Si elle est vérifiée, et si l'on fait tendre vers zéro les modules des coefficients négatifs de $P(x)$,

chacun des A_n, ou bien est nul, ou bien tend vers une limite positive. Il vient donc un moment où $A_1, A_2, \ldots, A_N$ sont non négatifs.

Finalement, *les conditions* α *et* β (qui ne dépendent que des signes des a_m) *sont nécessaires pour que tous les* A_n *soient non négatifs. Si elles sont vérifiées, on n'a qu'à écrire un nombre fini d'inégalités* ($A_n \geqq 0$ pour $n \leqq N$), *sûrement vérifiées si les modules de ceux des coefficients* a_m *qui sont négatifs sont assez petits, pour avoir les conditions nécessaires et suffisantes pour que tous les* A_n *soient non négatifs.*

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Un théorème sur les singularités des fonctions analytiques.* Note [1] de M. **Carlos Biggeri**, présentée par M. Gaston Julia.

Le théorème de MM. Lecornu et Fabry [2] assure que le point $z = 1$ est singulier pour la fonction analytique $f(z)$, définie par la série potentielle

$$\sum_{n=0}^{\infty} a_n z^n \qquad (a_n \equiv \rho_n e^{i\varphi_n}), \tag{1}$$

lorsque les deux hypothèses suivantes sont vérifiées :

$$\lim_{n \to \infty} \left(\frac{\rho_n}{\rho_{n+1}} \right) = 1, \tag{a}$$

$$\lim_{n \to \infty} (\varphi_n - \varphi_{n+1}) = 0. \tag{b}$$

Dans cette Note je démontre un théorème qui permet de remplacer la condition (a) par une autre plus générale et la condition (b) par une autre aussi plus générale sous un certain aspect.

Théorème. — *Appelons* α_n *la plus grande (au sens large) des valeurs de* $|\varphi_m - \varphi_{m+1} - \varphi|$, *pour* $n \leqq m \leqq 2n$. *Supposons que* : 1° *il existe une limite ordinaire de* $\sqrt[n]{\rho_n}$, *pour* $n \to \infty$; 2° *la limite inférieure,* l, *de* $n\alpha_n$, *pour* $n \to \infty$, *est plus petite que* $1 - \sqrt{2}/2$; *alors, le point* $Re^{i\varphi}$ *est singulier pour* $f(z)$, [R *étant le rayon de convergence de la série* (1)].

Démonstration. — Sans restreindre la généralité on peut supposer

(1) Séance du 12 avril 1937.

(2) Lecornu, *Comptes rendus*, **104**, 1887, p. 349-352; Fabry, *Annales scientifiques de l'École Normale supérieure*, 3e série, **13**, 1896, p. 107.

$K = 1$ et $\varphi = 0$. Employons le critérium d'Ostrowski ([3]), convenablement adapté aux séries potentielles ([4]). Posons

$$L_n \equiv \left(\frac{2e}{3n}\right)^n \sum_{m=n}^{2n} a_m m^n e^{-\frac{2}{3}m}$$

et appelons L'_n, L''_n, Q_n et P_n les fonctions qu'on obtient en écrivant dans cette expression $\rho_m \cos\varphi_m$, $\rho_m \sin\varphi_m$, ρ_m et 1, respectivement à la place de a_m. En appliquant la transformation d'Abel aux fonctions L'_n et L''_n, on a

(2) $$|L_n^2| = Q_n^2(1 + \delta_n),$$

où

$$\delta_n \equiv \left(\frac{A_n}{D_n}\right)^2 + \left(\frac{B_n}{D_n}\right)^2 + 2\frac{A_n}{D_n}\cos\varphi_{2n} + 2\frac{B_n}{D_n}\sin\varphi_{2n},$$

$$A_n \equiv \sum_{m=n}^{2n-1}\left[(\cos\varphi_m - \cos\varphi_{m+1})\sum_{j=n}^{m}\rho_j j^n e^{-\frac{2}{3}j}\right],$$

$$B_n \equiv \sum_{m=n}^{2n-1}\left[(\sin\varphi_m - \sin\varphi_{m+1})\sum_{j=n}^{m}\rho_j j^n e^{-\frac{2}{3}j}\right].$$

$$D_n \equiv \sum_{m=n}^{2n} \rho_m m^n e^{-\frac{2}{3}m}.$$

Soit q un nombre fixe compris entre l et $1 - \sqrt{2}/2$. De la condition (2°) on déduit qu'*il existe une infinité de valeurs de n,* que je désignerai par N, telles que

(3) $$|A_N| < \frac{q}{N}\sum_{j=N}^{2N}(2N - j)\rho_j j^N e^{-\frac{2}{3}j} < q D_N$$

et, de même,

(4) $$|B_N| < q D_N.$$

De (3) et (4) on tire

$$|\delta_N| < 2q^2 + 2q\sqrt{2} \equiv \text{const.} < 1,$$

d'où l'on déduit que la fonction $1 + \delta_N$, pour des valeurs de N suffisam-

([3]) A. Ostrowski, *Sitz. Berl. Math. Ges.*, 27, 1928, p. 64.

([4]) C. Biggeri, *Comptes rendus*, 204, 1937, p. 30-32.

ment grandes, est supérieure à une *certaine constante positive*, d'où

(5) $$\overline{\lim_{N \to \infty}} \sqrt[N]{1+\delta_N} \geqq 1.$$

En vertu de la condition (1°) on a

(6) $$(1-\varepsilon)^2 . \sqrt[n]{P_n} < \sqrt[n]{Q_n} < (1+\varepsilon)^2 \sqrt[n]{P_n}.$$

De la limite ordinaire de $\sqrt[n]{P_n}$, d'après (6), on déduit l'existence de la limite ordinaire de $\sqrt[n]{Q_n}$, d'où l'on a

(7) $$\overline{\lim_{N \to \infty}} \sqrt[N]{Q_N} = 1.$$

De (2), (5) et (7) on tire

(8) $$\overline{\lim_{N \to \infty}} \sqrt[N]{|L_N|} \geqq 1.$$

Comme $\sqrt[N]{|L_N|}$ est une suite partielle de la suite $\sqrt[n]{|L_n|}$, de (8) on tire

$$\overline{\lim_{n \to \infty}} \sqrt[n]{|L_n|} = 1$$

(le signe $>$ ne pouvant pas se réaliser), ce qui démontre le théorème. Remarquons que sous la condition (2°), la différence $\varphi_n - \varphi_{n+1}$ peut ne pas tendre régulièrement vers zéro. S'il n'existe pas de limite ordinaire de $\sqrt[n]{\rho_n}$, pour $n \to \infty$, la conclusion du théorème peut être fausse.

Il est aisé d'étendre ce théorème aux fonctions analytiques définies par des séries générales de Dirichlet.

ÉLASTICITÉ. — *Sur une solution particulière relative aux anneaux (problèmes plans).* Note (¹) de M. **Léon Beschkine**, présentée par M. Émile Jouguet.

Michell a donné (²) la solution à peu près générale du problème de l'anneau soumis à des forces quelconques appliquées sur les circonférences intérieure et extérieure. Cette solution n'est valable que dans le cas de forces ayant une résultante nulle sur la totalité de l'anneau. Il en résulte que, si l'on représente les forces normales et tangentielles sur les circon-

(¹) Séance du 12 avril 1937.

(²) Voir J. H. Michell, *Proc. London Math. Soc.*, 31, 1899, p. 100.

férences intérieure et extérieure par des développements en série de Fourier de l'angle polaire θ, la solution de Michell est valable pour des termes quelconques en $\sin n\theta$ et $\cos n\theta$, sauf pour $n = 1$, auquel cas il faut qu'il existe une relation entre les coefficients de ces termes. Nous bornant aux termes pairs en θ, pour la fonction d'Airy, soient $N_1 \cos\theta$, $T_1 \sin\theta$, $N_2 \cos\theta$, $T_2 \sin\theta$ les valeurs des forces normales et tangentielles appliquées respectivement sur les circonférences intérieure et extérieure de rayons R_1 et R_2.

La fonction d'Airy répondant au problème est

$$(1) \qquad \Phi = \left(\frac{b}{r} + cr^3 + dr\log r + g\frac{\log r}{r} - hr^3\log r\right)\cos\theta + \left(er + fr\log r + \frac{g}{r} + hr^3\right)\theta\sin\theta,$$

Les expressions de n_r, n_θ (tensions normales radiale et tangentielle) et de t (cisaillement) sont :

$$(2) \quad \begin{cases} n_r = \dfrac{1}{r}\dfrac{\partial\Phi}{\partial r} + \dfrac{1}{r^2}\dfrac{\partial^2\Phi}{\partial\theta^2} = \cos\theta\left[-\dfrac{2b}{r^3} + 2cr + \dfrac{d+2e}{r} + \dfrac{2f\log r}{r} + \dfrac{g}{r^3}(3 - 2\log r) + hr(1 - 2\log r)\right] \\ \qquad + \theta\sin\theta\left(\dfrac{f}{r} - \dfrac{2g}{r^3} + 2hr\right), \\ n_\theta = \dfrac{\partial^2\Phi}{\partial r^2} = \cos\theta\left[\dfrac{2b}{r^3} + 6cr + \dfrac{d}{r} - \dfrac{g}{r^3}(3 - 2\log r) + hr(5 + 6\log r)\right] \\ \qquad + \theta\sin\theta\left(\dfrac{f}{r} - \dfrac{2g}{r^3} + 6hr\right), \\ t = -\dfrac{\partial}{\partial r}\left(\dfrac{1}{r}\dfrac{\partial\Phi}{\partial\theta}\right) = \sin\theta\left[-\dfrac{2b}{r^3} + 2cr + \dfrac{d-f}{r} + \dfrac{g}{r^3}(3 - 2\log r) - hr(3 + 2\log r)\right] \\ \qquad - \theta\cos\theta\left(\dfrac{f}{r} - \dfrac{2g}{r^3} + 2hr\right). \end{cases}$$

Les valeurs de η_r et t pour $z = R_1$ et $z = R_2$ donnent

$$(3) \qquad \frac{f}{R_1} - \frac{2g}{R_1^3} + 2hR_1 = 0, \qquad \frac{f}{R_2} - \frac{2g}{R_2^3} + 2hR_2 = 0.$$

Posant ensuite

$$(4) \qquad A_1 = -\frac{2b}{R_1^3} + 2CR_1 + \frac{d}{R_1}, \qquad A_2 = -\frac{2b}{R_2^3} + 2CR_2 + \frac{d}{R_2},$$

on obtient, au rayon $z = R_1$, par exemple,

$$(5)\quad \begin{cases} A_1 + \dfrac{2e}{R_1} + \dfrac{2f\log R_1}{R_1} + \dfrac{g}{R_1^3}(3 - 2\log R_1) + hR_1(1 - 2\log R_1) = N_1, \\ A_1 - \dfrac{f}{R_1} + \dfrac{g}{R_1^3}(3 - 2\log R_1) - hR_1(3 + 2\log R_1) = T_1. \end{cases}$$

Les relations (3), (5) et deux relations analogues à (5) pour $r = R_2$, donnent

$$(6)\quad \begin{cases} h = \dfrac{R_1(N_1 - T_1) - R_2(N_2 - T_2)}{4\left[(R_1^2 - R_2^2) - (R_1^2 + R_2^2)\log\dfrac{R}{R_2}\right]} = \dfrac{D}{4\Delta}, \\ f = -\dfrac{D}{2\Delta}(R_1^2 + R_2^2), \qquad g = -\dfrac{D}{4\Delta}R_1^2 R_2^2, \\ e = \dfrac{(N - T_1)R_1 + (N_2 - T_2)R_2}{4} - \dfrac{D}{4\Delta}(R_1^2 + R_1^2)\log R_1 R_2; \end{cases}$$

$$(7)\quad \begin{cases} A_1 = T_1 + \dfrac{D}{4\Delta R_1}[R_1^2 + R_2^2 + 2(R_1^2 - R_2^2)\log R_1], \\ A_2 = T_2 + \dfrac{D}{4\Delta R_2}[R_1^3 + R_2^2 + 2)R_2^2 - R_1^2)\log R_2]. \end{cases}$$

Les quantités A_1 et A_2 définies par (7) ne déterminent pas les termes b, c, d. Il faut se donner de plus une relation entre les efforts totaux dans une section droite de l'anneau, par exemple, la valeur de l'effort tranchant dans la section $\theta = 90°$ (ce qui représente pour un arc en plein cintre la poussée de l'arc). Soit $\mathfrak{T}$ cet effort tranchant, on peut écrire

$$(8)\qquad \mathfrak{T} = \int_{R_1}^{R_2} t_{\frac{\pi}{2}}\,dr = \left[\frac{1}{r}\left(\frac{\partial\Phi}{\partial\theta}\right)_{\frac{\pi}{2}}\right]_{R_2}^{R_1},$$

$$(9)\qquad b\left(\frac{1}{R_2^2} - \frac{1}{R_1^2}\right) + c(R_2^2 - R_1^2) + d\log\frac{R_2}{R_1}$$
$$= \mathfrak{T} + \frac{D}{4\Delta}\left[2(R_2^2 - R_1^2) - (R_1^2 + R_2^2)\log\frac{R_2}{R_1}\right].$$

Cette relation, jointe à (4) et (7), permet de définir b, c, d. Le problème est entièrement résolu.

Il est à noter que l'on ne peut plus se demander, dans ce cas, si l'anneau peut se refermer et déterminer par une telle condition une relation remplaçant (9). En effet, l'anneau complet n'est pas en équilibre sur les forces appliquées.

Calculant les déplacements radial et tangentiel U et V, on obtient (en se

bornant aux déplacements symétriques par rapport à $\theta = 0$, la constante a étant définie par la position du point de l'anneau qui reste fixe)

$$(10)\quad \left\{\begin{aligned} \mathrm{E}u = \cos\theta & \left[\frac{b}{r^2}(1+\sigma) + cr^2(1-3\sigma) + d\log r(1-\sigma) + f\log^2 r \right. \\ & \left. + \frac{g}{r^2}(\log r - 1)(1+\sigma) + hr^2\{(1+\sigma) - \log r(1-3\sigma)\}\right] \\ & + \theta\sin\theta\left[f(1-\sigma)\log r + \frac{g}{r^2}(1+\sigma) + hr^2(1-3\sigma)\right] + \varphi(\theta), \\ \mathrm{E}v = \sin\theta & \left[\frac{b}{r^2}(1+\sigma) + cr^2(5+\sigma) + d(1-\sigma)(1-\log r) - 2e(\sigma + \log r)\right. \\ & + f\{(1-\sigma) - \log r(1+\sigma) - \log^2 r\} \\ & \left. + \frac{b}{r^2}(\log r - 1)(1+\sigma) - hr^2\{(1+\sigma) + \log r(5+\sigma)\}\right] \\ & - \theta\cos\theta\left[f(1-\sigma)(1-\log r) + \frac{g}{r^2}(1+\sigma) + hr^2(5+\sigma)\right] - \varphi(\theta), \end{aligned}\right.$$

avec

$$(10')\qquad \varphi(\theta) = 2\sin\theta - f\theta^2\sin\theta - \theta\cos\theta[2d + (1-\sigma)(e+f)].$$

HYDRAULIQUE. — *Sur les phénomènes que présente l'étalonnage des moulinets en eau calme.* Note de MM. **Rémy Bourgeat**, **Denis Cahuzac** et **Jacques Deullin**, présentée par M. Henri Villat.

De 1935 à 1937, nous avons réalisé plus de deux mille expériences avec un appareillage enregistreur ne laissant place à aucune erreur personnelle d'observation. Voici les principaux résultats acquis.

Si, le long d'un canal de profondeur H, on déplace à des vitesses V maintenues constantes dans chaque parcours, un moulinet d'axe exactement orienté dans le sens du déplacement et que l'on porte en abscisses les nombres de tours effectués dans l'unité de temps et en ordonnées les vitesses, les points correspondants se placent très approximativement pour une large gamme de vitesses sur une droite d'équation $V = a + bn$. Il y a exception là où la quantité a n'est plus constante; on pose alors

$$(1)\qquad V - bn = a + \varepsilon,$$

a et b étant les constantes déterminées par les expériences faites en dehors du domaine des vitesses considéré ici.

ε, quantité variable, commence à se manifester à une vitesse v_1 un peu inférieure à la vitesse de propagation $c=\sqrt{gH}$ des ondes, atteint son maximum — lequel est de l'ordre de 1 à 2 pour 100 de V — sensiblement pour $V=c$, puis s'éteint progressivement pour disparaître à une vitesse V_2 un peu supérieure à c. La protubérance que les quantités ε dessinent au-dessus de la droite d'étalonnage (1) est la *pointe d'Epper;* cette pointe se déplace le long du graphique lorsque H varie. Dans les conditions mêmes de son emploi le moulinet est immobile dans une eau courante de grande profondeur et il n'y a plus de pointe d'Epper. Le tarage d'emploi doit donc comporter uniquement la droite tracée à l'aide des vitesses inférieures à V_1 et supérieures à V_2.

L'explication de la pointe d'Epper peut se trouver dans le fait que la partie immergée du train mobile (tige-support, dite *perche*, et carter du moulinet) perturbe l'écoulement autour de l'hélice en donnant lieu à des vitesses additionnelles antagonistes freinant sa rotation.

L'ensemble de nos expériences nous a conduits, pour la valeur du maximum de ε, à l'expression

$$\varepsilon_m = A\frac{\sqrt{S}}{BH}. \tag{2}$$

S représentant l'aire du contour apparent immergé du train mobile, B la largeur du canal et A une constante dépendant à la fois du moulinet et de son montage; une perche à section pisciforme est moins perturbatrice qu'une perche à section circulaire de même contour apparent, moins perturbatrice aussi que le carter du moulinet, situé plus près de l'hélice; de deux perches semblables, la plus grosse est la plus perturbatrice.

On peut, pour schématiser, représenter la pointe d'Epper par les deux côtés AB et BC d'un triangle dont la hauteur BD est égale au maximum ε_m de la pointe; graduons la base BC en vitesses, les points A, D et C correspondant respectivement à V_1, $\sqrt{gH}$ et V_2; la pointe est alors définie par les trois rapports

$$R_0=\frac{\varepsilon_m}{\sqrt{gH}};\qquad R_1=\frac{\varepsilon_m}{\sqrt{gH}-V_1};\qquad R_2=\frac{\varepsilon_m}{V_2-\sqrt{gH}}.$$

Le tableau ci-après concerne un moulinet Richard supporté par une perche ovoïde de $40^{mm}\times 20^{mm}$ et un moulinet Ott avec perche ovoïde de $75^{mm}\times 35^{mm}$; le canal a 2^{m} de largeur; les moulinets se déplacent sur la ligne des centres des sections mouillées.

Type et valeur de A.	H (m).	S (m).	ε_m mesuré.	ε_m calculé.	R_0.	R_1.	R_2.
Moulinet-Richard ..... (A = 0,33)...........	0,30	0,013	0,068	0,063	0,040	0,11	0,08
	0,60	0,016	0,032	0,035	0,013	0,08	0,05
	1,10	0,021	0,020	0,022	0,007	0,05	0,03
Moulinet-Ott.......... (A = 0,52)...........	0,30	0,014	0,104	0,102	0,060	0,13	0,09
	0,60	0,0195	0,061	0,060	0,026	0,10	0,07
	1,10	0,028	0,040	0,039	0,013	0,08	0,05

Des essais avec des huiles de graissage de viscosités variant de 1,15 à 44 degrés Engler ont montré la nécessité d'utilisation des moulinets avec l'huile qui a servi à l'étalonnage; l'écart peut atteindre 1^{cm} par seconde pour les vitesses inférieures à 2^m.

L'influence de l'obliquité de l'hélice par rapport à sa vitesse de translation a également été étudiée. Soient, pour une obliquité nulle et une obliquité α,

$$V = a_0 + b_0 n_0 \quad \text{et} \quad V = a_\alpha + b_\alpha n_\alpha$$

les résultats du tarage.

Pour jauger des cours d'eau avec des moulinets non spécialement tarés à l'obliquité, il serait intéressant (a_0 et a_α étant petits) que l'on eût $b_0 = b_\alpha \cos\alpha$; or, l'écart relatif $100\,(b_\alpha \cos\alpha - b_0)/b_0$ varie beaucoup avec la nature du moulinet; par exemple pour $\alpha = 20°$, il est égal respectivement à 11,6 et 6,5 pour des hélices à 2 pales, à 3,4 pour une hélice à 3 pales et à —0,7 pour une hélice à 3 pales avec anneau protecteur. Il semble donc possible de construire des hélices avec lesquelles on n'ait pas à tenir compte, dans les jaugeages de cours d'eau, de l'obliquité du courant.

Il n'est pas nécessaire d'avoir des canaux de grande largeur et profondeur pour échapper à la pointe d'Epper et obtenir ainsi des tarages de précision; cette pointe se déplaçant vers les grandes vitesses lorsque H augmente, il suffit de prendre des hauteurs d'eau H telles que la pointe soit refoulée dans une autre partie du graphique.

MÉCANIQUE PHYSIQUE. — *Corrosion intercristalline des ferronickels chromés carburés, écrouis après hypertrempe*. Note [1] de MM. **Pierre Chevenard** et **Xavier Wache**, présentée par M. Léon Guillet.

L'un de nous a montré [2] la relation qui existe entre les propriétés mécaniques et chimiques d'un ferronickel chromé carburé, soumis au revenu après hypertrempe, et l'hétérogénéité de la matrice austénitique de l'alliage.

Cette hétérogénéité a pour cause la migration centripète du chrome et du carbone nécessaires à la formation des grains de carbure précipités, déplacement qui laisse autour de chaque grain une *auréole en partie déchromée*, donc chimiquement vulnérable. Dans le cas des austénites assez riches en nickel pour être ferromagnétiques, le thermomagnétomètre révèle l'hétérogénéité par une transformation étalée : cette détection est extrêmement sensible et l'élaboration des courbes aimantation-température permet de chiffrer *l'amplitude* et *l'étendue* de l'hétérogénéité [3]. Quant à la sensibilité à l'égard de la corrosion intercristalline, elle se caractérise par le gain apparent en un jour, $\Delta\rho/\Delta t$, de la résistivité d'un barreau plongé dans une solution chlorhydrique d'hyposulfite de soude, liqueur très corrosive pour les auréoles déchromées.

Les expériences ont été poursuivies en faisant varier notamment les traitements de l'alliage : nous nous proposons de montrer l'influence considérable d'un écrouissage intercalé entre l'hypertrempe et le revenu.

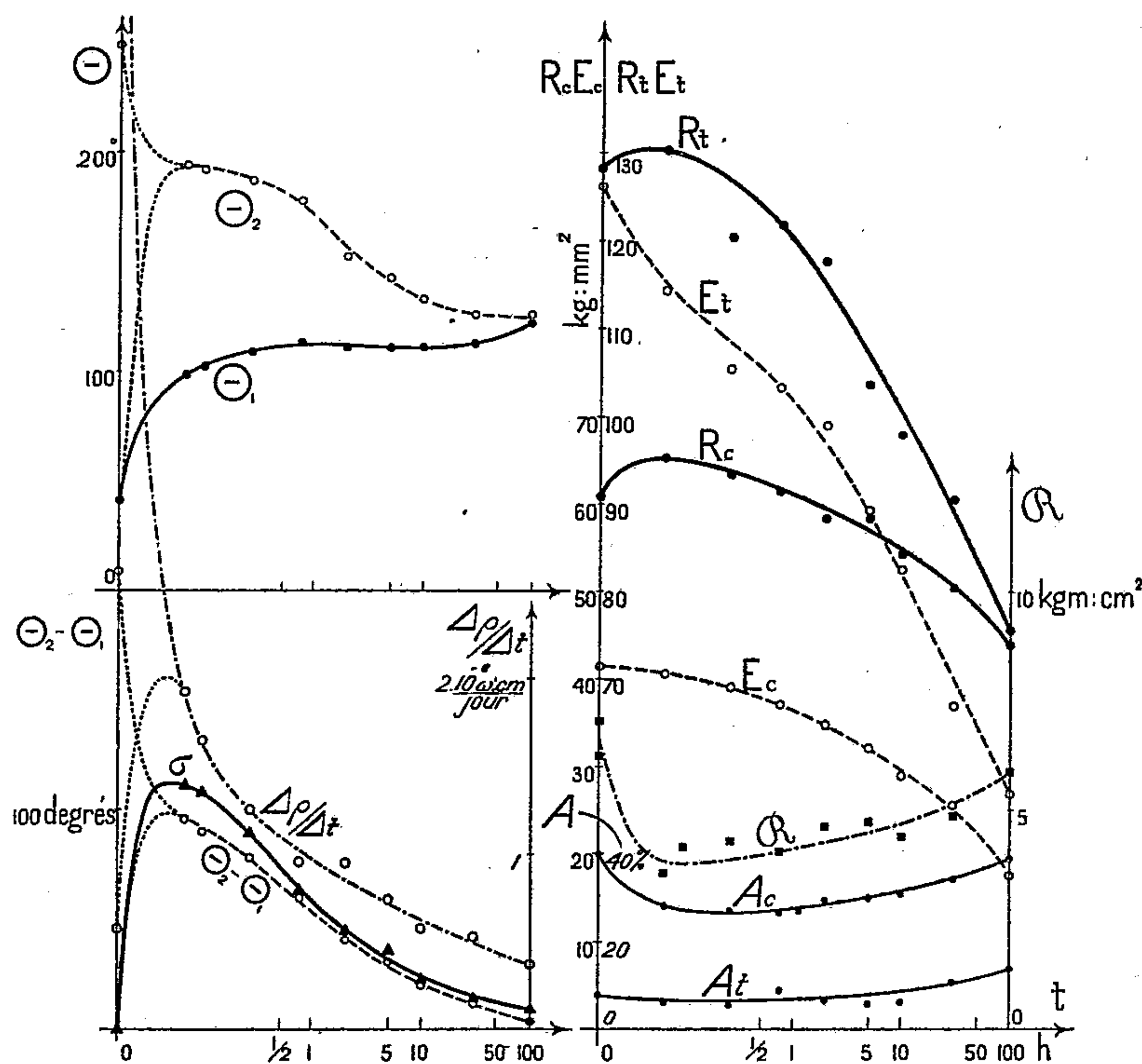
Cette influence apparaît en comparant les courbes de la figure ci-après aux courbes analogues de la figure accompagnant la Note de 1934. Les unes et les autres concernent le même alliage ($C = 0,3$, $Ni = 37$, $Cr = 10$ pour 100), hypertrempé dans l'eau à 1250°, revenu à 750° pendant des temps compris entre quelques minutes et 100 heures. Mais, alors que, dans la série de 1934 aucune intervention mécanique ne s'interposait entre l'hypertrempe et l'écrouissage, dans les essais présents le barreau a subi, entre les deux opérations thermiques, un allongement de 100 pour 100, par étirage à la filière. Le paramètre σ mesure l'étendue de l'hétérogénéité, dont l'amplitude est caractérisée par $\Theta_2 - \Theta_1$, écart des points de Curie extrêmes. $\mathcal{R}$ est la rési-

(1) Séance du 12 avril 1937.

(2) *Comptes rendus*, 199, 1934, p. 861.

(3) *Comptes rendus*, 198, 1934, p. 1144.

lience; R_t, E_t, A_t sont la ténacité, la limite élastique et l'allongement de rupture à la traction; R_c, E_c, A_c sont les caractéristiques analogues au cisaillement. Toutes ces grandeurs sont portées en fonction de la durée t du revenu, avec une échelle logarithmique du temps.



On retrouve d'abord l'étroite parenté d'allure des courbes représentant la sensibilité chimique $\Delta\rho/\Delta t$, l'étendue σ et l'amplitude $\Theta_2 - \Theta_1$ de l'hétérogénéité.

L'écrouissage a pour effet d'accélérer considérablement l'activité du revenu. En l'absence de toute intervention mécanique, le maximum de la courbe σ est obtenu après 10 heures de revenu à 750°; il est atteint en moins de 2 minutes quand il y a écrouissage. La comparaison des courbes représentant les propriétés mécaniques conduit à la même conclusion.

Mais le fait important est la sensibilité chimique considérable quelquefois acquise par l'alliage hypertrempé et écroui. Cette sensibilité n'a pas été observée au même degré dans toutes les expériences. Parfois, le barreau hypertrempé et tréfilé est à peine plus sensible qu'un barreau

sensiblement hypertrempé. Parfois, la corrosion intercristalline est tellement intense qu'en deux jours le barreau est presque entièrement désagrégé.

Or, l'examen attentif de la courbe thermomagnétique de l'alliage écroui après hypertrempe révèle, vers 250°, un point de Curie Θ_2 qui coïncide presque avec celui du ferronickel sans chrome. Ce point, très peu marqué, c'est-à-dire correspondant à une hétérogénéité d'étendue extrêmement petite, apparaît cependant quand on élabore la courbe par la méthode des dérivées. L'écrouissage a donc déclenché une précipitation de grains de carbure, dont chacun est entouré d'une auréole très mince, mais quasi privée de chrome.

On ne sait encore pourquoi la sensibilité de l'alliage ainsi traité varie d'un échantillon à l'autre. Mais, dès maintenant, il paraît utile d'attirer l'attention sur la sensibilité exceptionnelle, constatée dans la moitié des cas.

Ce fait doit inciter à ne pas trop se fier à l'immunité chimique conférée par l'hypertrempe aux ferronickels chromés, même faiblement carburés, puisque, pour la détruire, il suffit d'un écrouissage pratiquement impossible à éviter en un point quelconque d'une pièce ayant quelque étendue. Quand le nickel accroît la résistance chimique de ces alliages à l'égard du milieu corrosif, comme c'est le cas à l'égard de la vapeur, il est donc prudent d'incorporer une quantité suffisante de nickel pour rendre inattaquables les auréoles totalement déchromées.

ACOUSTIQUE. — *Sur les fréquences des sons donnés par un tuyau cylindrique à anche battante.* Note [1] de M. **Léon Auger**, présentée par M. Henri Villat.

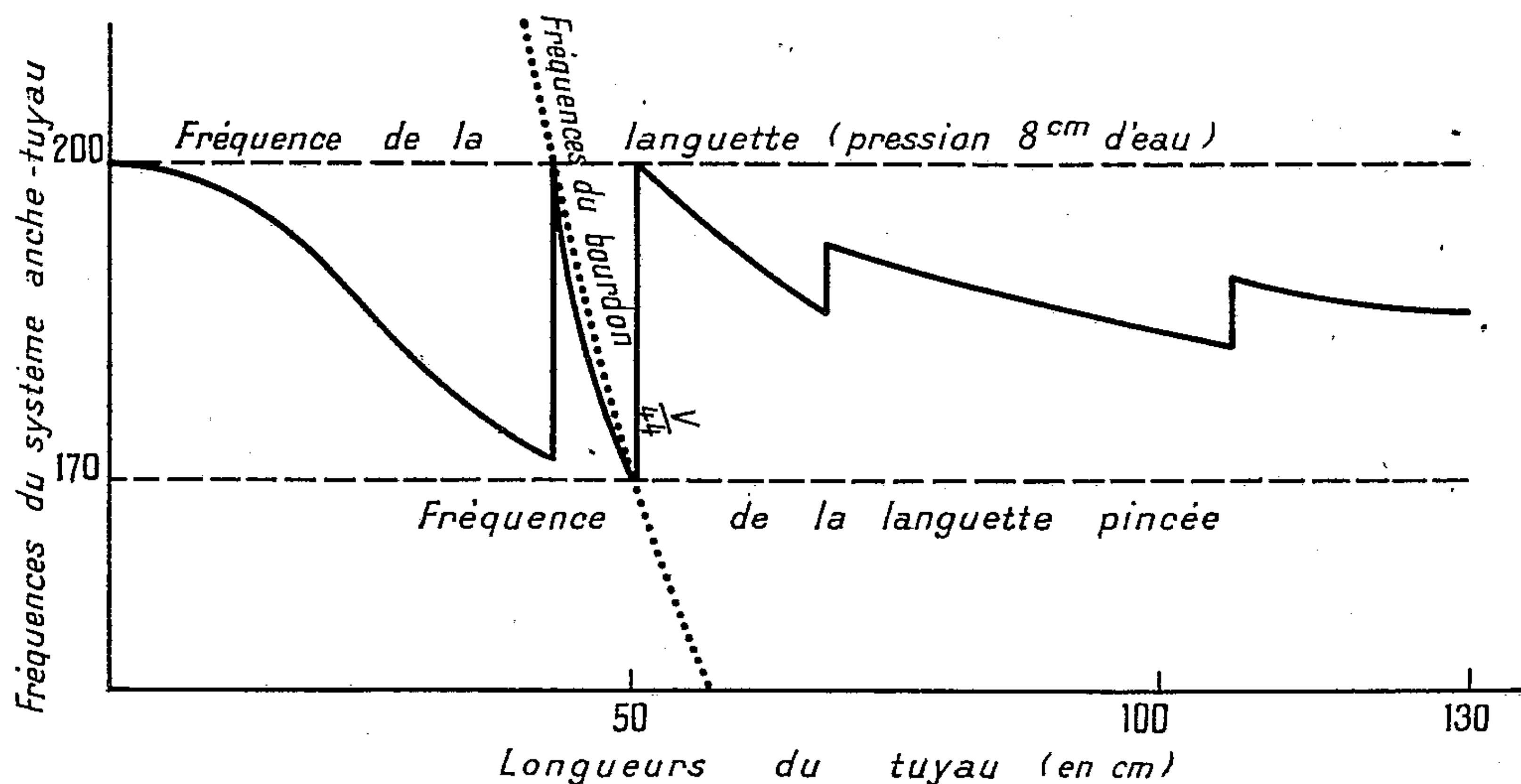
J'ai utilisé, pour cette étude, une anche battante dont la languette de laiton écroui de faible courbure, a 40^{mm} de longueur, 8^{mm} de largeur, et 0^{mm},4 d'épaisseur. Cette anche peut se monter, par l'intermédiaire d'un noyau de plomb, sur un tuyau cylindrique de laiton (45^{mm} de diamètre) dont la longueur peut varier de quelques centimètres à 1^{m},30. La fréquence des oscillations propres amorties de la languette pincée est 170; montée sur la rigole d'une hanche parcourue par l'air arrivant sous une pression

(1) Séance du 5 avril 1937.

de 8^{cm} d'eau, la même languette effectue des oscillations entretenues de fréquence 200.

On fait varier la longueur L du tuyau et l'on mesure, pour chaque longueur, la fréquence N du système anche-tuyau.

Sur le graphique, la courbe de variations de fréquence $N = f(L)$ est



tracée de trait plein; l'hyperbole $V/4L$ donnant les fréquences du tuyau considéré comme bourdon (nœud à l'anche) est tracée en pointillé ainsi que les fréquences relatives à la languette pincée (170) et à l'anche vibrant sous tuyau (200).

On voit que, lorsque L varie de 0 à 42^{cm} environ, la fréquence du système baisse de 200 à 172; le tuyau *chevrote;* le son émis est sourd et présente des variations d'intensité rappelant le tremolo des orgues. Lorsque L atteint 42^{cm}, le chevrotement devient de plus en plus rapide et brusquement la fréquence du son émis passe à 200. Cette fréquence est celle de l'anche seule (200). A partir de ce moment, et tant que la longueur reste comprise entre 42 et 50^{cm}, le son émis est *rond*, intense et de bonne qualité; à mesure qu'on allonge le tube, la fréquence du tuyau anché descend de 200 à 170; le point figuratif de la fréquence suivant la portion d'hyperbole $N = V/4L$ comprise entre les fréquences de l'anche soumise à la pression de 8^{cm} d'eau et de la languette pincée.

Continuons à allonger le tuyau; lorsque la fréquence du tuyau anché atteint la fréquence de la languette pincée, brusquement la fréquence du

son émis passe à 200; la fréquence propre du bourdon est 170 : la figure donne les variations de fréquence pour les longueurs du tuyau supérieures à 50^{cm}; il est à noter que le son émis est criard dès que la longueur du bourdon dépasse 42^{cm}.

En somme, le son émis par un tuyau portant une anche à un bout et ouvert à l'autre extrémité paraît prendre toutes ses qualités lorsque la fréquence propre du tube, considéré comme tuyau fermé à l'anche et ouvert à l'autre bout, est comprise entre la fréquence de l'anche vibrant sous tuyau et celle de la languette pincée : la fréquence entretenue du tuyau anché est alors égale à la fréquence propre du tube seul.

ONDES HERTZIENNES. — *Sur l'ionisation de la partie supérieure de l'ionosphère.* Note [1] de Mme **Irène Mihul** et M. **Constantin Mihul**, présentée par M. Aimé Cotton.

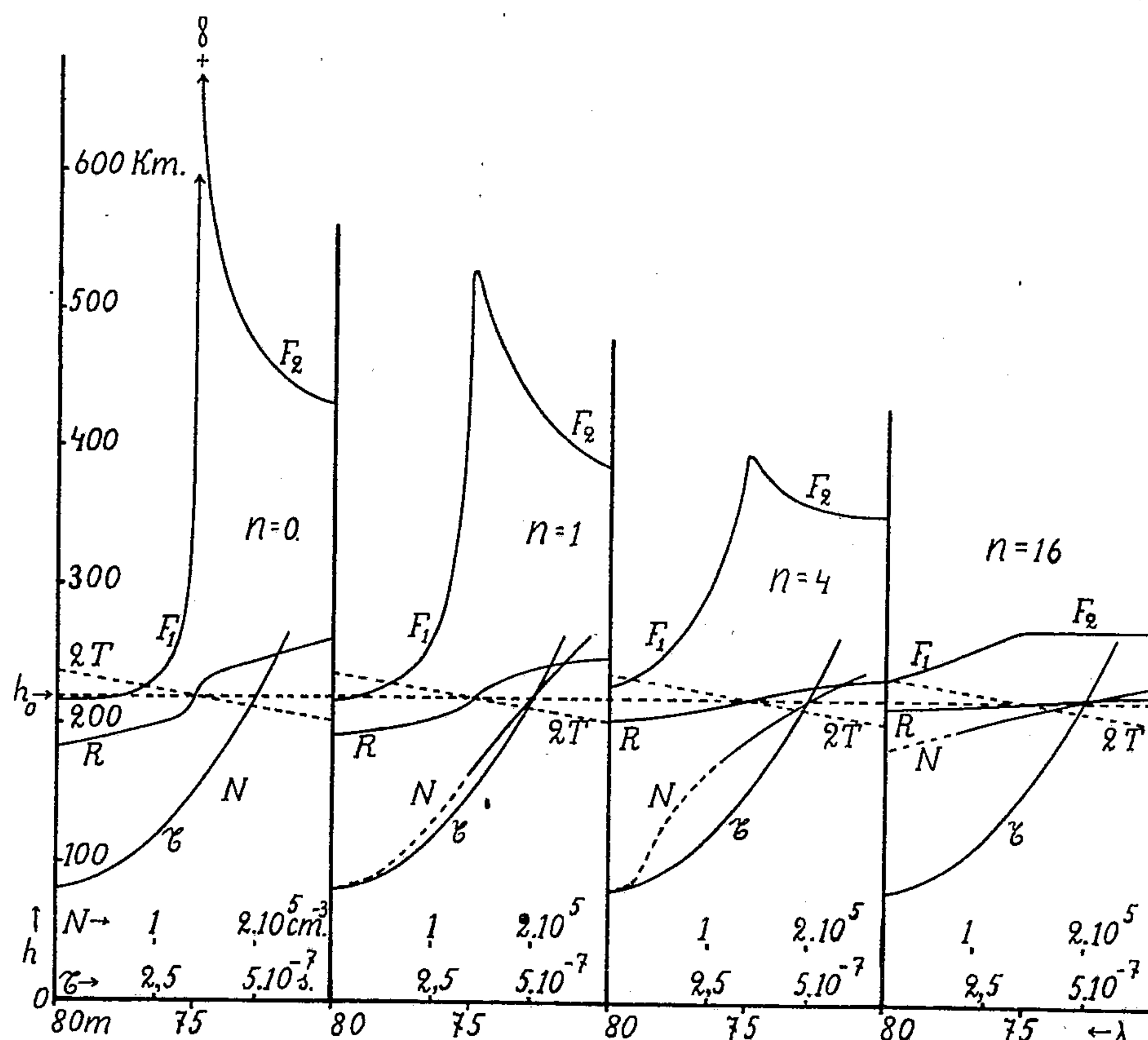
La partie supérieure de l'ionosphère, située à 200 kilomètres d'altitude et plus haut a fait l'objet de nombreuses études. On a trouvé que, pour cette région de l'ionosphère, réfléchissant les ondes électriques de longueurs comprises entre quelques dizaines et cent mètres environ, les hauteurs apparentes de réflexion varient, en général, en fonction de λ d'une façon continue. Cependant on a constaté que, pendant la journée et surtout aux basses latitudes, c'est-à-dire pendant que les rayons solaires tombent sur l'atmosphère terrestre sous une incidence voisine de l'incidence normale, les courbes représentant la variation de ces hauteurs avec λ présentent une ou plusieurs discontinuités ou maxima. L'apparition de ces discontinuités est indissolublement liée à l'accroissement des hauteurs apparentes pour les ondes de fréquences supérieures à la fréquence critique.

L'explication qu'on donne de ce phénomène est que la densité électronique qui varie en cette partie de l'ionosphère en passant par un maximum, ce qui constitue la couche ionisée dite F, présente pendant la journée une variation à deux maxima, un maximum inférieur correspond à une couche F_1 et un second maximum de concentration électronique plus grande, correspondant à une couche F_2 placée plus haut. Après leur séparation le matin la couche F_2 monte aux altitudes plus grandes, puis redescend l'après-midi pour se confondre avec F_1.

---

(1) Séance du 12 avril 1937.

L'explication réelle de ce phénomène se trouve dans la variation du gradient de la densité électronique de l'ionosphère par rapport à l'altitude, avec la position du soleil. Le matin et le soir les rayons solaires rasants ionisent fortement les parties supérieures de l'ionosphère. Il subissent une absorption notable avant de pénétrer plus bas, de sorte que l'ionisation décroît d'une façon rapide à mesure que l'on considère les couches de plus



en plus profondes de l'atmosphère. Vers midi, les rayons solaires normaux moins absorbés par les couches supérieures, pénètrent plus bas et la décroissance de l'ionisation est moins rapide. Comme nous le verrons plus loin, elle tend vers une variation avec l'altitude aussi lente que celle de τ, intervalle de temps entre deux chocs successifs d'un électron contre les molécules. Pour calculer, d'après la théorie de Ionescu et Mihul ([2]), les

([2]) *Journal de Physique*, 6, 1935, p. 388.

hauteurs apparentes de réflexion, nous avons choisi la variation de τ avec l'altitude représentée par notre courbe τ, reproduite dans les quatre diagrammes, et les ionisations données par la formule

$$\frac{Ne^2}{\pi m} = 3,2 \times 10^{19} \tau \varphi_n(\tau),$$

où

$$\varphi_n(\tau) = 1 - 1,0368n[\tau . 10^6 - 2.(\tau . 10^6)^2],$$

représentées pour $n = 0, 1, 4$ et 16 par les courbes N ([3]). Dans ces conditions, quelle que soit la valeur de n, la constante diélectrique pour $\lambda = 75^m$ est annulée juste à la hauteur h_0, où

$$\tau = 2T_{(\lambda=75m)} = \frac{2,7500}{3,10^{10}}$$

Les résultats de nos calculs sont donnés par les courbes F_1, F_2 de notre figure, tout à fait pareilles à celles obtenues par Berkner et Wells à Huançayo au Pérou. On voit que la discontinuité dans la courbe F_1F_2 pour $\lambda = 75^m$ est liée à la variation de N proportionnelle à celle de τ; que cette discontinuité se transforme en un maximum quand le rapport N/τ admet pour la hauteur h_0 une dérivée $d\varphi/d\tau > 0$; qu'à mesure que la valeur de $d\tau\varphi/d$ devient plus grande ce maximum devient de moins en moins accentué pour disparaître complètement. En même temps la branche F_2 descend de plus en plus bas; la cause principale en est que les signaux dont les ondes plus courtes que $\lambda = 75^m$ subissent leur retard principal à la hauteur où $\tau = 2T$, au-dessous du niveau h_0, là où la densité électronique est d'autant plus petite que $d\varphi/d\tau$ est plus grande, ce qui fait que le retard de ces ondes s'atténue quand $d\varphi/d\tau$ croît.

Nos conclusions sur l'ionisation de la haute ionosphère sont confirmées par les observations des échos de grande durée qui s'observent plus fréquemment dans les régions tropicales, précisément lorsque les conditions d'ionisation sont favorables au fonctionnement des canaux ionosphériques supérieurs. Or on sait, d'après la théorie de Ionescu et Mihul, que ces échos n'apparaissent que si le signal radioélectrique pénètre dans un canal situé assez haut pour qu'à la suite des variations de l'ionisation avec l'heure locale et la latitude il soit terminé par l'annulation de la constante diélectrique.

([3]) Nous avons choisi les échelles de τ et de N de telle sorte que pour $\varphi = 1$ la courbe N soit confondue avec la courbe τ.

RADIATIONS. — *Sur l'ionisation de l'air par les diélectriques électrisés.* Note [1] de M. **Frantz Perrier**, présentée par M. A. Cotton.

M. G. Reboul [2] explique les inversions de courant produites par un diélectrique qui se décharge dans une chambre d'ionisation, en faisant intervenir une ionisation de l'air environnant le diélectrique; M. W. Eichenberger [3], *niant le rôle de l'air,* rapproche l'inversion constatée de celles qui résultent de polarisations inverses successivement imposées à un diélectrique préalablement placé entre deux armatures métalliques.

J'ai repris ces expériences en m'imposant de maintenir le diélectrique dans un champ de sens constant (y compris bien entendu les champs créés par la propre charge du diélectrique et les charges d'influence développées sur les conducteurs voisins). J'ai veillé également à ce que des résidus de charge ne viennent pas inverser ces champs. On sait en effet [4] que des densités de plusieurs unités électrostatiques peuvent persister très longtemps sur un diélectrique.

Le diélectrique utilisé était une lame d'ambre dressée et polie au rouge d'Angleterre afin d'en faciliter le nettoyage : un lavage à grande eau, suivi d'un lavage à l'alcool et d'un séchage par évaporation naturelle, supprimait tout résidu décelable. Ce traitement a été appliqué avant toute mesure. Par surcroît de précaution on n'électrisait le diélectrique que sur une face, toujours la même, et l'on plaçait l'ambre, pendant le frottement, sur une lame au sol provenant de la feuille de laiton qui a servi à construire la cage d'ionisation. Aussitôt après l'électrisation le diélectrique était placé en évitant tout frottement accidentel, la face électrisée tournée vers le haut, sur le plateau inférieur de la cage d'ionisation. Ce plateau était réuni à l'une des paires de quadrants d'un électromètre; il était entièrement recouvert par le diélectrique, de sorte qu'aucune charge ne pouvait lui parvenir directement. Le plateau supérieur parallèle au précédent, limitait à 1^{cm} l'épaisseur de la couche d'air surmontant l'ambre. Ce plateau était

(1) Séance du 12 avril 1937.

(2) *Comptes rendus*, **196**, 1933, p. 1987, et *Journ. de Phys.*, **7**, 1934, p. 329.

(3) *Helv. Phys. Acta*, **9**, 1936, p. 467.

(4) Eguchi, *Phil. Mag.*, **49**, 1925, p. 178; Thiessen, Winkel, Herrmann, *Phys. Zeits.*, **37**, 1936, p. 511.

au sol et l'ensemble de l'appareil protégé électrostatiquement. Les courbes obtenues ont *toutes* été du type de celles signalées par M. Reboul (*loc. cit.*, p. 330, « 1° anomalie ») et *cependant à aucun instant le champ n'a été inversé.*

Il est d'autre part facile de constater directement que la charge de la face supérieure de la lame d'ambre, traitée comme ci-dessus, est de signe invariable. Il suffit de constituer avec cette lame un électrophore.

Puisque la charge de la lame est toujours négative et qu'elle ne peut que diminuer, ses variations donnent à l'électromètre un courant de sens constant. Il en résulte que l'inversion constatée est due à la superposition à cette cause d'une cause produisant un effet contraire. En l'absence d'action possible du diélectrique il est légitime de penser, avec M. Reboul, à une ionisation de l'air suivie d'un apport sur le diélectrique de charges positives. Cette ionisation ne se produit que si le diélectrique se décharge; elle cesse, bien que le diélectrique soit chargé lorsque la répartition des charges d'influence et de polarisation annule le champ à l'intérieur du diélectrique.

Avec les précautions prises, l'expérience ne peut donc pas se ramener, comme le prétend M. Eichenberger, au cas du diélectrique qui a subi des polarisations inverses. D'ailleurs, la théorie de Boltzmann-Hopkinson appliquée par M. Eichenberger est insuffisante. Il faut tenir compte de la conductibilité du diélectrique, conductibilité qui n'est pas négligeable pour des champs aussi intenses que celui qu'un diélectrique chargé depuis peu crée en lui-même.

La théorie complète faite, à partir des recherches de Jacques Curie [5] (qui traduisent graphiquement le principe de superposition *et* l'influence de la conductibilité) montre qu'il est nécessaire de supposer l'air conducteur, donc ionisé, pour interpréter l'inversion constatée.

---

[5] *Recherches sur le pouvoir inducteur spécifique* (*Thèse*, Paris, 1888).

ÉLECTROCHIMIE. — *Compléments à la connaissance des électrolyseurs à cathode de mercure.* Note [1] de MM. **O. Dony-Hénault** et **A. de Jaer**, présentée par M. Jean Perrin.

MM. Bosquet et Degand [2] ont constaté naguère la possibilité de préparer des amalgames très concentrés de sodium et de potassium par l'électrolyse des solutions d'alcalis caustiques correspondants.

Le rendement du courant était très élevé, à condition de réaliser simultanément une température de l'électrolyte et du mercure voisine de 100°C. pour maintenir la fluidité de l'amalgame, une densité de courant très élevée et une énergique agitation de la cathode mercurielle et de l'électrolyte susjacent.

Nous avons repris l'étude expérimentale de l'électrolyse à cathode mercurielle, dans le cas des solutions de chlorures alcalins, en portant spécialement notre attention sur les conditions d'agitation du mercure, au sujet desquelles aucune précision n'existe dans la bibliographie électrochimique, en cherchant simultanément à atteindre un rendement du courant voisin de l'unité et une densité de courant très élevée.

Nous résumons ici une série d'expériences poursuivies depuis deux ans.

Les hautes densités sont incompatibles avec l'emploi d'une anode de graphite. Nous les avons réalisées à l'aide d'anodes tantale-platine, constituées par l'association, sans aucune soudure, d'amenées de courant tubulaires ou massives en tantale et d'un réseau de platine mince. Le poids de platine engagé est ainsi fortement réduit. Ce système avait déjà été employé par l'un de nous dans l'électrolyse de l'acide sulfurique pour l'obtention d'acide persulfurique. Il donne des amenées de courant très robustes à très faible résistance de passage. En vertu de la haute surtension sur le tantale, le courant anodique se concentre exclusivement sur le platine. Au contraire, un essai de pulvérisation cathodique dans le vide du platine sur le tantale, en apparence parfaitement réussi, a montré que la haute densité de courant détache rapidement le dépôt originel poli mais d'inégale épaisseur.

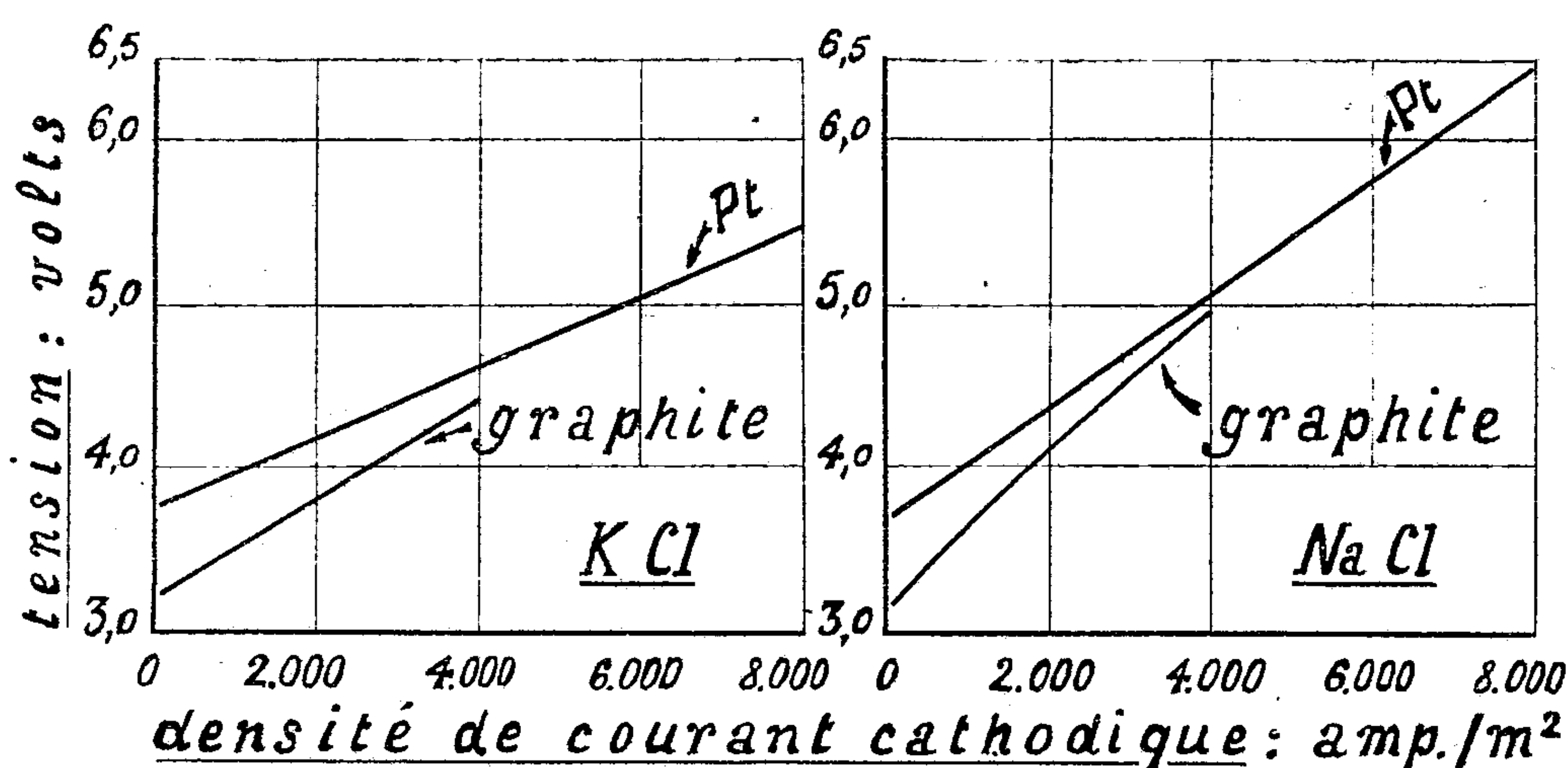
Quant aux cathodes de décomposition par contact de l'amalgame, leur

(1) Séance du 5 avril 1937.

(2) Expériences inédites dirigées par Dony-Hénault.

nature exerce une grande influence sur le rendement ([3]). Les meilleurs résultats furent obtenus avec des tôles minces d'un acier inoxydable qui résiste très lontemps à l'amalgamation.

Dans nos expériences, pour étudier l'agitation, nous avons réalisé un électrolyseur à deux compartiments circulaires concentriques. Le compartiment central anodique contient un agitateur à axe vertical dont le mouvement agit à la fois sur la surface mercurielle et sur la couche d'électrolyte sus-jacente. Ce balayage de la surface conduit immédiatement vers la



Tension aux bornes de l'électrolyseur en fonction de la densité de courant pour des anodes de platine et de graphite.

périphérie l'amalgame formé. Chose curieuse, l'expérience montre que c'est à haute densité de courant qu'une agitation *modérée* de cette nature produit son maximum d'effet. Ainsi toute circulation mercurielle extérieure à la cellule peut être supprimée. Tout d'abord le mercure était ramené par gravité au centre de la cloche anodique par les canaux radiaux d'un faux-fond; ce dispositif, dont on nous a signalé par après un analogue dans une Note de Mac Tear (1901) ([4]), qui paraît avoir été oubliée et qui ne contient aucune donnée expérimentale, a été reconnu superflu et les canaux supprimés. La quantité de mercure immobilisée dans l'électrolyseur s'en trouve ainsi encore diminuée.

([3]) Müller et Riedel, *Zeits. f. Elektrochem.*, 26, 1920, p. 104.

([4]) Holbling, *Fortschritte*, 1895-1903; *B. A.* 16874.

D'anciennes expériences ([5]) révèlent l'influence favorable de la densité sur le rendement du courant, jusqu'à des densités de 2000 amp/m² environ. Nos expériences ont permis d'atteindre des densités de courant de l'ordre de 7000 amp/m² de mercure avec des rendements voisins de 1, la température de marche étant de 55°C.

Les diagrammes et les chiffres ci-joints donnent l'allure générale des phénomènes.

Électrolyse de KCl.

Courant.		Quantité d'électricité (amp/h).	Rendement du courant (%).
Intensité (ampères).	Densité (amp/m²).		
39	2170	125	72,6
69	3840	202	86,8
88	4890	269	95,0
120	6670	450	93,2

Électrolyse de NaCl.

Courant.		Quantité d'électricité (amp/h).	Rendement du courant (%).
Intensité (ampères).	Densité (amp/m²).		
30	1665	270	88,7
60	3330	270	93,6
90	5000	270	99,5
120	6670	210	96,9
130	7220	490	91,0

ÉLECTROLYSE. — *Sur un nouveau phénomène observé dans les piles dont une électrode est polie. Rôle de la couche de Beilby.* Note de MM. **Albert Grumbach** et **Félix Taboury**, présentée par M. Aimé Cotton.

L'étude des discontinuités déjà signalées dans les piles photovoltaïques à matières colorantes ([1]) nous a conduits à reprendre l'examen des dissymétries présentées par les éléments dont les électrodes sont constituées par un même métal inaltéré par l'électrolyte. Pour obtenir des surfaces métalliques de petites dimensions et bien définies, nous avons employé des fils de platine soudés dans du verre, coupés au ras de celui-ci, les sections étant soigneusement polies. Une électrode de ce genre se comporte d'une manière qui n'a pas été décrite jusqu'à présent, sans doute parce que les expérimentateurs ont toujours appliqué aux électrodes des forces électromotrices trop élevées : un élément, à eau acidulée par exemple, muni d'une électrode polie et inaltérable et d'une seconde électrode polie ou non du même métal ne fournit pas comme on pourrait s'y attendre, une faible force électromo-

---

([5]) Glaser, *Zeits. f. Elektrochem.*, 8, 1902, p. 552; Leblanc et Cantoni, *Zeits. f. Elektrochem.*, 11, 1905, p. 609; Taussig, *Trans. Farad. Soc.*, 5, 1909, p. 258.

([1]) A. Grumbach et F. Taboury, *Comptes rendus*, 193, 1931, p. 1178; 194, 1932, p. 84.

trice mesurable à l'électromètre capillaire; celui-ci semble être en circuit ouvert, il est sensible à toutes les influences électrostatiques.

Les expériences réalisées par l'un de nous au moyen d'un électromètre à corde bien protégé électrostatiquement, avec enregistrement photographique continu, montrent que l'électrode constituée par une petite surface d'or ou de platine poli joue le rôle d'un condensateur shunté par une forte résistance. L'or fondu ne possède pas cette propriété. Toute précaution a été prise contre la présence de traces de matières grasses sur le métal : flambage rapide de l'électrode, lavage à l'acétone, chauffage à 300° dans le vide (10^{-3} mm de mercure) pendant 3 heures. L'effet a été observé dans divers électrolytes minéraux et organiques; il réapparaît après emploi momentané de la cellule comme voltamètre, à condition de ne pas pousser l'électrolyse assez loin pour détruire la couche superficielle. On observe d'ailleurs toujours une dissymétrie.

Il existe certainement une relation entre ce phénomène et la couche de Beilby formée à la surface du métal par polissage. Il n'y a plus d'arêtes cristallines et les atomes sont répartis comme ceux d'un liquide; nous venons de voir que, dans ces conditions, le passage du courant n'est possible qu'à partir d'une certaine différence de potentiel. Au delà de ce seuil, l'anomalie disparaît, mais, puisqu'on la retrouve après suppression de la force électromotrice extérieure, il est naturel d'attribuer son origine à l'état particulier de la surface métallique. La fuite du condensateur fictif est d'autant plus faible que le polissage a été mieux exécuté; elle semble due aux résidus de cristallisation.

Ces résultats nouveaux devront être confrontés avec ceux que les diagrammes de diffraction électronique par des couches de Beilby ont déjà fournis.

Ajoutons qu'il faudra tenir compte de ces faits dans l'interprétation de toutes les expériences où l'on a employé des électrodes polies inaltérables : tel est le cas, par exemple, de celles que l'on a faites sur le détecteur électrolytique (Ferrié, Tissot) et aussi sur le retard de l'électrolyse sur la force électromotrice polarisante ([2]).

([2]) A. Grumbach, *Comptes rendus*, 156, 1913, p. 542.

ÉLECTRONIQUE. — *Sur l'origine de la radiation cosmique.* Note [1] de M. **Hannes Alfven**, transmise par M. Maurice de Broglie.

Production des rayons. — Selon les lois classiques de l'électrodynamique, chaque mouvement dans un champ magnétique produit ordinairement une force électromotrice. Nous savons que la Terre et le Soleil sont entourés de champs magnétiques, il est très probable qu'il en est de même de toutes les étoiles. Alors, les mouvements stellaires, et en particulier les rotations des étoiles doubles, doivent produire des forces électromotrices, qui deviennent très grandes, en conséquence des dimensions énormes et des vitesses très grandes des astres. Un calcul montre que 10^{10}, 10^{11} et même 10^{12} volts sont probables. Des particules chargées, accélérées par ces tensions, peuvent avoir les mêmes énergies que les rayons cosmiques, on peut supposer qu'*une partie au moins de la radiation cosmique est produite de cette manière.*

Plusieurs mécanismes sont possibles. Le cas spécial où une étoile double est considérée comme un *cyclotron cosmique* a déjà été discuté [2]. Mais il y a aussi d'autres dispositifs qui semblent être beaucoup plus efficaces. En particulier, l'une des composantes d'une étoile double peut fonctionner presque comme un inducteur unipolaire, donnant une tension énorme, et émettant des particules positives dans une direction et des particules négatives dans la direction opposée. Il n'est pas déraisonnable d'envisager des courants de 10^8 à 10^{10} ampères.

Champs électromagnétiques dans l'espace interstellaire. — Les courants des générateurs des étoiles doubles doivent produire des champs magnétiques considérables. Puisque le champ d'un courant rectiligne décroît seulement comme r^{-1}, ces champs s'étendent sur un domaine très grand de l'espace. Un courant de 10^9 ampères, rectiligne et infiniment long, produit un champ magnétique, qui, à la distance de deux années de lumière, est 10^{-10} gauss. S'il y a un très grand nombre de tels générateurs, le champ magnétique dans l'espace interstellaire n'est pas du tout négligeable.

Si la valeur moyenne du champ magnétique est 10^{-11} gauss, un électron d'énergie 10^{10} e-volts a une trajectoire ayant un rayon de courbure moyen

---

(1) Séance du 31 mars 1937.

(2) *Nature*, 138, 1936, p. 761; *Zeits. f. Physik* (sous presse).

de trois années de lumière. Il est ainsi très improbable que la particule s'éloigne de plus que quelques centaines d'années de lumière du générateur qui l'a produite. *La radiation cosmique doit alors être un phénomène assez local, tous les corpuscules cosmiques que nous recevons étant produits dans l'intérieur d'une sphère ayant un rayon de quelques centaines d'années de lumière autour de nous.*

Indépendance du temp sidéral. — Comme les particules suivent des trajectoires irrégulièrement courbées, l'intensité de la radiation cosmique ne doit pas être une fonction périodique du temps sidéral; et, en effet, les indications expérimentales n'ont pas mis en évidence de variations certaines à ce point de vue.

Intensité de la radiation. — Si les générateurs des étoiles doubles sont également distribués dans l'espace de telle manière qu'il y a un générateur dans chaque volume U, ce générateur doit, quand l'équilibre est atteint, compenser les pertes de radiation dans ce volume. La perte principale doit provenir de l'absorption dans la matière interstellaire, qui selon les calculs des astronomes a une densité de 10^{-25} g/cm^3. Si le coefficient moyen d'absorption est $\mu = 5.10^{-3}$ cm^2/g, on trouve qu'il est nécessaire d'avoir un générateur à 10^{11} volts et 10^{10} ampères dans tout volume de 2000 années de lumière de rayon pour produire l'intensité observée sur la Terre. D'après ce que nous venons de dire, nous pouvons penser qu'*une partie assez grande de la radiation cosmique (ou peut-être son intensité totale) est produite de cette manière.*

OPTIQUE. — *Les courants de Tesla appliqués à la stroboscopie.* Note (¹) de M. **Vitomir H. Pavlović**, présentée par M. Aimé Cotton.

On trouve cité dans la littérature l'emploi des étincelles des courants de Tesla dans la stroboscopie. Ces étincelles, en effet, sont très brèves, elles ont une grande intensité en même temps qu'un pouvoir actinique très remarquable. Mais elles constituent une source de lumière d'une surface insuffisante pour faire la stroboscopie des grands objets.

Nous avons fait des essais de stroboscopie non pas avec la lumière des étincelles, mais en utilisant les courants de Tesla de haute fréquence pour produire de la lumière par la décharge dans des tubes sans électrodes.

(¹) Séance du 5 avril 1937.

(Nos tubes étaient en réalité des vases de Dewar en forme de ballons.)

Dans nos essais de stroboscopie avec cette lumière nous avons obtenu des résultats excellents.

Nous croyons pouvoir expliquer ce succès. Nous pensons que les éclairs de cette lumière peuvent avoir une durée encore plus petite que les éclairs de la lumière des étincelles, et les courants de décharge dans des tubes sans électrodes sont plus amortis que les courants du circuit de Tesla.

Les courants de Tesla, de haut potentiel de grande fréquence produits par les transformateurs de Tesla ou Oudin peuvent aussi être utilisés dans la stroboscopie. Comme les potentiels de ces courants sont très élevés, la lumière peut avoir une intensité plus grande et surtout on peut produire de la lumière aussi bien dans des tubes avec électrodes que dans des tubes sans électrodes, ou même sans aucun tube. Nous avons fait de la stroboscopie avec la lumière jaillie du transformateur de Tesla ou Oudin avec un succès satisfaisant.

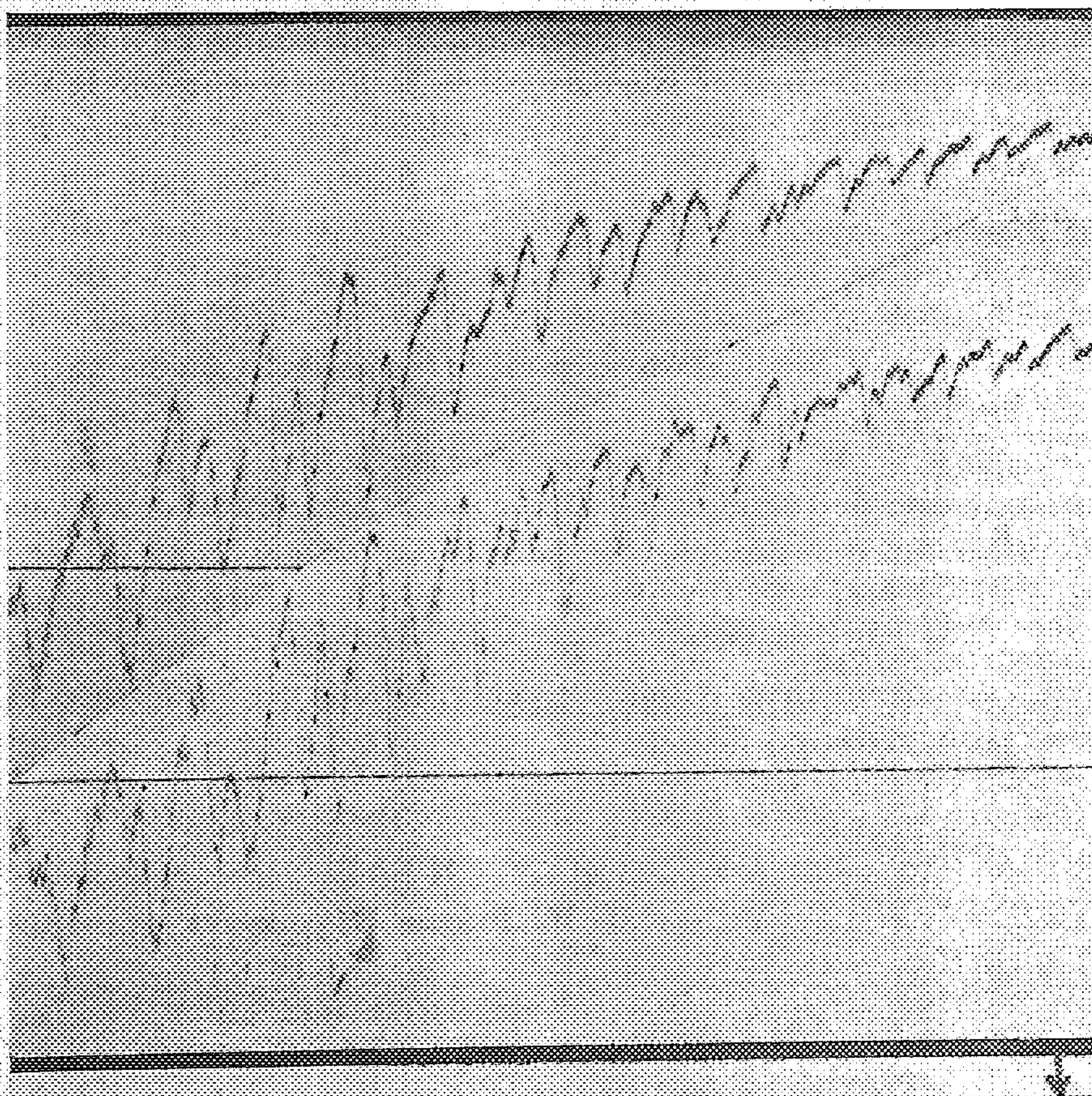
SPECTROSCOPIE. — *La prédissociation induite de la molécule de tellure soumise à des champs magnétiques intenses.* Note [1] de M. **Ernst Olsson**, présentée par M. Aimé Cotton.

J'ai étudié, avec le grand électroaimant de Bellevue, l'influence de champs magnétiques intenses sur le spectre d'absorption du tellure. Les pièces polaires, distantes de 29^{mm}, donnaient un champ de 45000 gauss; ces pièces étaient assez grandes pour qu'on fût certain de l'uniformité du champ. Le tellure était enfermé dans un tube vide en silice fondue où la lumière effectuait dans la couche absorbante un trajet long d'environ 3^{cm}; ce tube était chauffé par un four électrique. Un tube latéral, muni d'un enroulement séparé, permettait de régler la tension de vapeur du tellure. Une difficulté résultait de ce que le four se refroidissait davantage quand l'électroaimant était excité, par suite de la diminution qu'éprouve à chaud le paramagnétisme de l'oxygène; pour compenser cette action, on chauffait plus fortement le four lorsque le champ était établi. Sur chaque plaque on a fait en tout 13 clichés du spectre avec et sans champ, et avec des temps de pose différents de façon qu'on pût former une échelle d'intensités. Le spectrographe (modèle Cojan-Huet à deux prismes) avait, dans la région

(1) Séance du 8 mars 1937.

spectrale employée, une dispersion moyenne de 20 angströms par millimètre.

Le résultat a été que le champ magnétique modifie d'une façon frappante l'aspect du spectre d'absorption, certaines bandes augmentant d'intensité plus que d'autres. Un fait pourtant plus remarquable encore est que,



malgré la faible dispersion employée, on constate déjà que les bandes influencées par le champ deviennent manifestement plus diffuses. Cela prouve que l'effet peut atteindre une grandeur que l'on n'aurait pas cru auparavant possible d'observer.

On interprétait jusqu'ici le changement d'intensité comme une conséquence de l'élargissement des lignes, mais on pensait qu'un tel effet ne pouvait être observé qu'avec une forte dispersion, qu'il permettait d'observer la structure rotationnelle de la molécule.

D'après nos observations, cette influence s'exerce sur les états excités caractérisés par les nombres quantiques allant de $v' = 5$ à $v' = 15$ [2]. Les bandes appartenant à des états d'oscillation moléculaire pour lesquels v' dépasse 15 sont déjà diffuses à cause de l'effet d'isotopie et on ne peut, pour cette raison, déduire de leur examen des conclusions certaines.

Il est intéressant de comparer ces résultats avec ceux des expériences sur la prédissociation induite par la présence d'un gaz étranger [3] et avec les expériences sur l'extinction magnétique de la fluorescence de la vapeur de tellure [4]. Smoluchowski, qui n'étudiait que les niveaux $k' = 11$ et $v' = 22$, constatait que l'extinction de la fluorescence était plus forte pour $v' = 11$ que pour $v' = 22$, ce qui s'accorde avec nos observations. Au contraire, Kondratjew et Lauris indiquaient qu'il n'existait pas de prédissociation induite pour v' plus grand que 10, ce qui est en désaccord avec les observations de Smoluchowski et avec les nôtres. Comme on peut le voir sur les microphotogrammes reproduits sur la figure, $v' = 11$ est plus modifiée que $v' = 13$ et $v' = 12$ plus que $v' = 10$; le maximum de la prédissociation induite doit apparaître pour $v' = 11$. L'assertion de ces auteurs que le maximum doit être cherché pour $v' = 4$ ou pour une valeur inférieure, ne peut être correcte que si l'on suppose l'existence de plusieurs maxima, ou si l'on admet que la présence d'un gaz étranger ou l'intervention d'un champ magnétique exercent des influences différentes sur la prédissociation induite.

SPECTROSCOPIE. — *Les bandes* (OH) *et* (CH =) *du phénol et de ses dérivés entre* 6000 Å *et* 9500 Å. Note de M. **Pierre Barchewitz**, présentée par M. Aimé Cotton.

Nous signalions [1] que la bande fondamentale (OH) des alcools à 3µ ne devait pas faire partie de la série des bandes harmoniques trouvées par Freymann [2] à 0µ,9631, et par nous vers 0µ,7420; qu'il était possible d'envisager l'existence de deux bandes fondamentales (OH) pour les alcools à 3µ et 2µ,75. Ces vues ont été confirmées par

(2) Cf. E. Olsson, *Zs. f. Phys.*, 95, 1935, p. 215.

(3) Cf. Kondratjew et A. Lauris, *Zs. f. Phys.*, 92, 1934, p. 741.

(4) R. Smoluchowski, *Zs. f. Phys.*, 85, 1933, p. 191; S. Genard, *Comptes rendus*, 198, 1934, p. 816.

(1) P. Barchewitz, *Comptes rendus*, 203, 1936, p. 1244.

(2) *Ann. de Physique*, 10, 1933, p. 243; *Comptes rendus*, 204, 1937, p. 1063.

Errera et Mollet (3) et Fox et Martin (4); il est d'ailleurs possible que la structure des bandes (OH) soit encore plus complexe.

Pour le phénol et ses dérivés, on distingue deux bandes (OH) à la température ordinaire, d'inégales intensités, la bande située vers les grandes longueurs d'onde ne correspondant probablement pas à la bande de 3µ des alcools.

Position des bandes (OH). — Pour les composés dérivés du phénol à l'état pur ou dissous à saturation, deux bandes (OH) sont nettement visibles. Leurs positions dépendent de la nature et de la position du substituant, ou des substituants, par rapport au vibrateur (OH). Le tableau suivant indique les positions des bandes (OH) pour quelques composés :

Nom du corps.	λ de la 1re bande (OH) en Å.	λ de la 2e bande (OH) en Å.
Phénol pur	7466 F	7598 f
o-Chlorophénol pur	7503 f	7696 F
p-Chlorophénol diss	7495 F	7629 f
Xylénol 1-3-4 diss	7498 F	7610 f
Xylénol 1-3-5 diss	7458 F	7616 f
Xylénol 1-3-2 diss	7460 F	7620 f

(F, bande intense; f, bande faible.)

Intensité des bandes (OH). — Pour le phénol (5) et ses dérivés à l'exception des dérivés halogénés *ortho* du phénol, la bande la plus intense est située vers les courtes longueurs d'onde; au contraire, pour l'orthochlorophénol, les intensités des deux bandes sont renversées.

Se servant des résultats obtenus en solution diluée par Wulf, Liddel et Hendricks (6), Pauling a admis l'existence des formes *cis* et *trans* pour les dérivés halogénés ortho du phénol; or l'existence de deux bandes (OH) pour le phénol et ses dérivés montre que cette hypothèse est trop restreinte. On pourrait admettre que les molécules voisines ont une action sur le vibrateur (OH) déterminant ainsi l'apparition de la bande (OH) vers les grandes longueurs d'onde. On peut d'ailleurs accepter encore l'hypothèse de Pauling pour expliquer l'existence des deux bandes dans les dérivés orthohalogénés, ainsi que le renversement dans l'intensité de leurs bandes.

---

(3) *Nature*, **138**, 1936, p. 882.
(4) *Nature*, **139**, 1937, p. 507.
(5) A. Naherniac, *Ann. de Physique*, **7**, 1937, p. 528.
(6) O. R. Wulf, V. Liddel et S. B. Hendricks, *J. amer. Chem. Soc.*, **58**, 1936, p. 2287.

Influence de la température et de la concentration sur les bandes (OH). — L'effet de la température a été étudié sur le phénol pur en particulier, on constate un déplacement de la bande (OH) (la plus intense) vers les courtes longueurs d'onde, l'augmentation d'intensité de cette bande est relativement faible comparativement à celle des alcools. La bande (OH) située vers les grandes longueurs d'onde disparaît assez rapidement par élévation de température.

En fonction de la concentration (dans CCl^4 et $CHCl^3$) la bande (OH), la plus intense, se déplace vers les courtes longueurs d'onde, ce déplacement étant particulièrement grand pour les faibles concentrations.

Influence de la température sur la position des bandes (CH =) *du phénol.* — En étudiant le spectre d'absorption du phénol entre 20 et 300°, nous avons observé un fait qui ne semble pas avoir été signalé : *la bande* (CH =) *à* $0^{\mu},87$ *du phénol se déplace vers les grandes longueurs d'onde par élévation de température* (8714 Å à 20° et 8739 Å à 300°).

A 20° la bande (CH =) est déplacée vers les courtes longueurs d'onde par rapport à la bande du benzène (8736 Å), le groupement (OH) joue le rôle d'un groupement électronégatif par rapport au noyau benzénique; au contraire, à haute température, il joue le rôle d'un groupement électropositif, comme l'indiquent les expériences sur les moments électriques.

SPECTROSCOPIE. — *Spectres d'absorption infrarouges de dérivés mono et disubstitués du benzène. Symétrie du benzène.* Note de M. **Jean Lecomte**, présentée par M. Aimé Cotton.

Nous avons obtenu, entre les fréquences de 1350 et 500 cm^{-1} environ, les spectres d'absorption d'une vingtaine de dérivés monosubstitués C^6H^5 — X et d'une centaine de dérivés disubstitués X — C^6H^4 — Y (ortho, méta, para) dont les plus caractéristiques correspondent à X ou Y = CHO, NH^2, OCH^3, OH, F, CH^3, CN, Cl, Br, NO^2, I. Un petit nombre seulement de ces composés avait été étudié et seulement entre 1350 et 700 cm^{-1}.

Dans notre région, sauf pour une vibration de NO^2 entre 1300 et 1350 cm^{-1}, de O — CH^3 vers 1020 cm^{-1}, de C^6H^5 — CO entre 630 et 675 cm^{-1}, nous avons reconnu qu'en première approximation les différents groupements X ou Y se comportent comme des masses ponctuelles. Quand on les étudie dans l'ordre que nous avons indiqué, on observe un déplacement de certaines bandes vers de plus faibles fréquences (NO^2 donne

cependant lieu à quelques exceptions). Les groupements CHO, NH^2, OCH^3, OH, CH^3 apparaissent ici presque comme équivalents. Nous trouvons ainsi une généralisation et une confirmation d'un précédent travail sur les dérivés halogénés du benzène ([1]). Voici les positions des bandes infrarouges les plus importantes.

I. Dérivés monosubstitués.

Positions extrêmes des bandes.	Influence du substituant X.	Absorption infrarouge.	Raies Raman ([2]).
cm^{-1} 612- 625.....	faible	très faible	très fortes
659- 835.....	très grande	très forte	fortes
680- 690.....	très faible	très forte	douteuses
738- 750.....	moyenne	très forte	faibles
990-1000.....	faible	très forte	très fortes
1020-1030.....	faible	très faible	très fortes
1050-1270.....	très grande	généralement forte	fortes
1150-1160.....	faible	moyenne	moyennes ou fortes

II. Dérivés disubstitués. — Nous avons choisi pour X l'un des groupements ci-dessus indiqués et nous avons étudié les déplacements des bandes en faisant varier Y. Nous avons recommencé en prenant pour X un autre groupement et en changeant Y et ainsi de suite.

Dérivés ortho.

Positions extrêmes des bandes.	Influence du substituant.	Absorption infrarouge.	Raies Raman ([2]).
cm^{-1} -555 sort de notre domaine...	pour X constant, influence de Y grande	moyenne	fortes
520-575....	pour X constant, influence de Y faible	moyenne	fortes
750-630....	pour X constant, influence de Y très grande, tant que X est léger, et diminuant beaucoup avec X lourd	très forte	très fortes (sauf pour NO^2)
725-750....	faible	très forte	faibles
775-850....	pour X constant, influence de Y faible	forte	faibles
855-865....	très faible	faible (*)	faibles

(*) pour X et Y légers, augmente avec leur poids.

([1]) *Comptes rendus*, 201, 1935, p. 1340.

([2]) D'après les déterminations d'autres auteurs, principalement de M. Kohlrausch et de ses élèves.

Dérivés méta.

Positions extrêmes des bandes.	Influence du substituant.	Absorption infrarouge.	Raies Raman [2].
cm^{-1}			
680-690....	très faible	très forte	?
650-740....	pour X constant, influence de Y grande, tant que X est léger, et diminuant beaucoup avec X lourd	très forte	très fortes
715-780....	pour X constant, influence de Y faible, même pour Y lourd	forte	faibles
875-797....	pour X constant, influence de Y sensible, seulement pour Y lourd	forte	faibles
865-920....	pour X constant, influence de Y faible	augmente (*)	faibles

(*) avec le poids de X et de Y.

Dérivés para.

Positions extrêmes des bandes.	Influence du substituant.	Absorption infrarouge.
cm^{-1}		
660-675....	pour X constant, influence de Y notable, si X est léger, et diminuant beaucoup quand le poids de X croît	variable (souvent forte)
650-700....	pour X constant, variation faible avec Y	généralement moyenne
715-740....	pour X constant, variation faible avec Y	assez forte ou forte
785-845....	pour X constant, variation très faible avec Y	très forte
930-955....	pour X constant, variation faible avec Y	moyenne ou faible

Sauf pour la bande des dérivés para qui se place entre 785 et 845 cm^{-1}, il ne semble pas y avoir de correspondance entre l'absorption infrarouge et les raies Raman.

Pour les dérivés ortho, méta, para il existe, de plus, entre 975 et 1075 cm^{-1}, une ou deux régions de forte absorption pour lesquelles l'influence de X et Y reste faible.

Symétrie du benzène. — Ainsi que l'on fait remarquer certains auteurs, M. Kohlrausch en particulier, il doit exister une correspondance plus ou moins parfaite entre les spectres infrarouges et Raman des *dérivés monosubstitués ou disubstitués ortho et méta*, que la symétrie de la molécule de benzène soit ternaire ou sénaire. Pour les *dérivés para*, le modèle de Kékulé du benzène donnerait une symétrie C_{ih} et le parallélisme des spectres infrarouge et Raman devrait se poursuivre. Nos mesures indiquent que tel ne semble pas être le cas. Elles s'accorderaient beaucoup mieux avec une

symétrie sénaire de la molécule de benzène. Les dérivés para prendraient ainsi la symétrie D_{2h}, dans laquelle seulement la moitié des modes de vibration peut donner naissance à des raies Raman ou à des bandes infrarouges, aucune correspondance n'existant entre les deux phénomènes.

ANALYSE SPECTRALE. — *Sur l'analyse quantitative des solutions métalliques au moyen du spectrographe.* Note de MM. **Pierre Jolibois** et **Robert Bossuet**, présentée par M. Paul Lebeau.

L'un de nous (¹) a étudié quelques propriétés de l'étincelle en courant continu à la surface d'un électrolyte. Lorsque le liquide est négatif, on obtient un spectre très simple du métal de la solution, superposé aux bandes de la vapeur d'eau et de l'azote.

Grâce au dispositif de la figure 1 on peut projeter, au moyen d'une len-

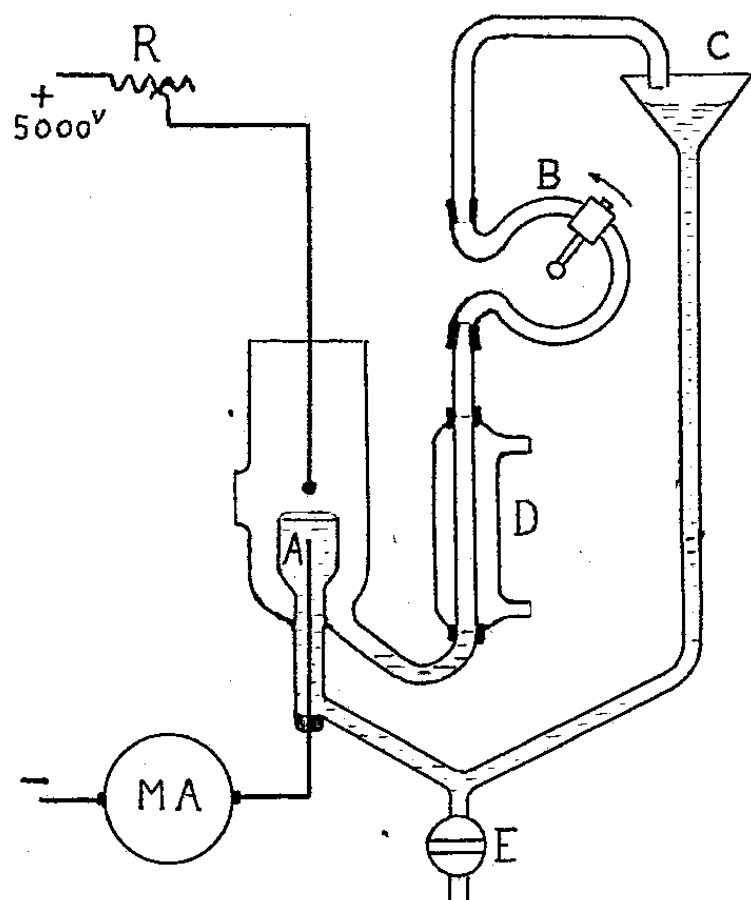


Fig. 1.

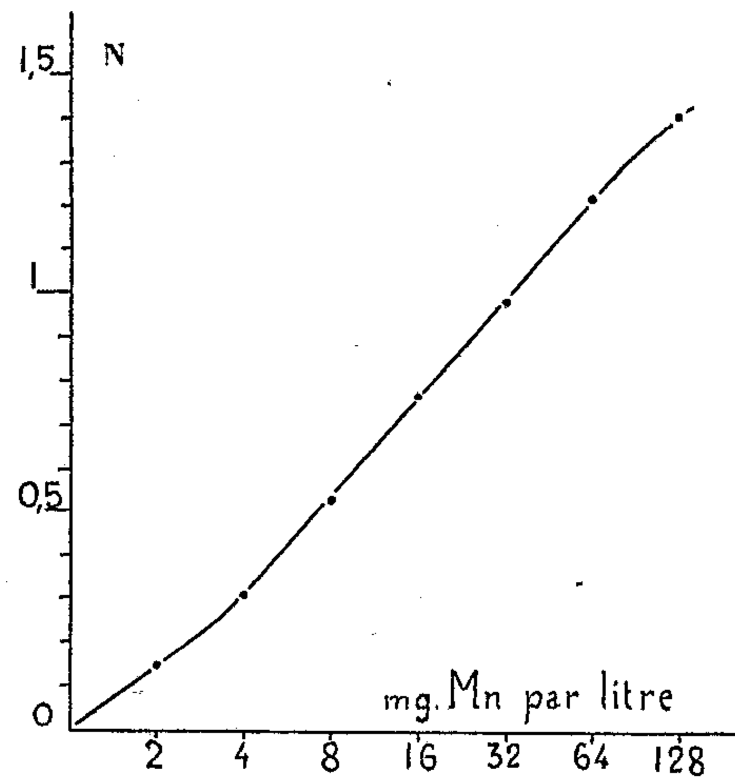


Fig. 2.

tille, l'image de l'étincelle sur la fente du spectrographe, sans changer d'une expérience à l'autre les positions relatives de l'étincelle, de la lentille et de la fente. La longueur de l'étincelle est également constante, car elle jaillit

(¹) *Comptes rendus*, 200, 1935, p. 1020; 202, 1936, p. 400; 202, 1936, p. 1496.

entre une anode fixe de platine et un ménisque maintenu au même niveau en faisant déborder constamment le tube A par circulation de l'électrolyte dans l'appareil au moyen de la pompe B. Cette dernière est constituée par un tube de caoutchouc écrasé au moyen d'un galet mobile animé d'un mouvement de rotation (pompe à transfusion de Lecomte de Noüy).

Le liquide s'écoule ainsi sous pression constante grâce à l'entonnoir C.

Il est refroidi par un réfrigérant en platine D pour éviter toute évaporation au cours de chaque expérience d'une durée de 5 minutes.

D'autre part la quantité d'électricité qui passe dans l'étincelle est constante, ce qu'on vérifie ou moyen d'un milliampèremètre maintenu à 40 milliampères grâce au rhéostat R.

Le changement de l'électrolyte se fait au moyen du robinet E, que l'on peut tourner sans imprimer aucun déplacement de l'appareil.

On peut de la sorte *sur une même plaque* reproduire plusieurs spectres correspondant à des concentrations connues, déterminer le noircissement d'une raie caractéristique de l'élément cherché et construire ainsi la courbe de noircissement en fonction de la concentration.

S'il s'agit de déterminer une concentration inconnue, on mesurera le noircissement N sur la même plaque et par interpolation, au moyen de la courbe d'étalonnage, on en déduira la teneur du liquide.

Nous avons montré [2] qu'une grande quantité constante de chlorure d'ammonium donnait à l'émission des raies métalliques une grande sensibilité et rendait très faible l'influence des autres métaux sur les mesures faites en vue de la détermination de l'élément cherché. C'est ainsi que, dans le cas du manganèse, l'étude de la raie 2798,3, faite avec un spectrographe Féry et un microphotomètre à cellule, nous a montré qu'on se trouvait dans de bonnes conditions analytiques pour des liqueurs contenant $0,32^{mg}$ de manganèse dans 20^{cm^3} de solution (voir figure 2 la courbe d'étalonnage).

Les nombres obtenus, dans trois expériences d'analyse d'une solution synthétique de manganèse à $0,320^{mg}$ pour 20^{cm^3}, ont été 0,325, 0,328, 0,321.

Nous poursuivons ces études en cherchant à fixer les meilleures conditions d'analyse d'autres éléments.

---

(2) Voir *Comptes rendus*, 203, 1936, p. 1497.

PHOTOÉLECTRICITÉ. — *Influence de l'intensité lumineuse sur la sensibilité des compteurs photoélectriques.* Note de M. **Jean Roulleau**, présentée par M. Georges Urbain.

La plupart des mesures effectuées avec les compteurs photoélectriques exigent que l'on connaisse la relation entre l'accroissement du nombre des décharges ΔN et l'intensité $\mathcal{J}$ du flux lumineux qui provoque celles-ci. Cette étude a déjà été effectuée, pour de faibles variations d'énergie, par R. Audubert [1], qui a montré que, dans ce cas, ΔN est proportionnel à $\mathcal{J}$.

J'ai cherché à étendre ces résultats en utilisant, d'une part des flux lumineux sensiblement monochromatiques (afin d'éliminer autant que possible les effets parasites analogues à ceux qu'a signalés C. Lapicque [2] sur les cellules à couche d'arrêt, et toujours possibles avec les cathodes semi-conductrices) et d'autre part, des variations de flux aussi grandes que possible. La source de rayonnement utilisée est un tube à hydrogène de Chalonge-Lambrey, dont la lumière, condensée par une lentille de quartz, tombe sur la fente d'entrée d'un monochromateur Jobin et Yvon muni d'un prisme de quartz. La cellule est suffisamment éloignée de la fente de sortie du monochromateur pour que la surface de la photocathode, d'environ 1^{cm^2}, soit éclairée de façon sensiblement uniforme.

L'énergie émise par le tube à hydrogène pour différents régimes électriques est déterminée au moyen d'une pile thermoélectrique en ampoule de quartz, sous vide, associée à un thermorelais de Moll et à un galvanomètre de Zernicke. La pile étant soumise au rayonnement total du tube, on constate que l'énergie émise par celui-ci n'est qu'approximativement proportionnelle à l'intensité qui le traverse. En particulier, pour les faibles intensités, inférieures à 10 milliampères, l'émission croît plus vite que ne l'exige la proportionnalité, et obéit sensiblement à la relation

$$W = a i^{\frac{3}{2}} \quad \text{(W, énergie émise; } i \text{ intensité).}$$

En rapportant à l'énergie incidente, mesurée comme il vient d'être indiqué, l'augmentation du nombre des décharges du compteur photoélectrique, on constate que ces deux grandeurs ne sont proportionnelles que dans un très petit intervalle, lorque $\mathcal{J}$ est très faible. Dès que celle-ci

(1) *Journ. Phys.*, 7e série, 6, 11, 1935, p. 451.

(2) *Comptes rendus*, 196, 1933, p. 1301.

devient notable, la courbe $\Delta N = f(\mathcal{J})$ s'incurve, ΔN croissant de plus en plus lentement. Le tableau suivant donne, à titre d'exemple, quelques-uns des résultats obtenus :

$\mathcal{J}$	....	7,5.	13.	20.	40.	87,5.	200.
ΔN	1...........	27	43	60	94	149	209
	2...........	60	90	116	173	253	357
	3...........	4	7	10	20	40	58

On voit que

1° l'incurvation des courbes $\Delta N = f(\mathcal{J})$ est d'autant plus grande que la sensibilité de la cellule est elle-même plus grande.

2° L'incurvation est assez grande pour que la pente $d\Delta N/d\mathcal{J}$ varie dans le rapport de 10 à 1, lorsque l'énergie lumineuse devient 20 fois plus petite, pour une cellule de sensibilité moyenne. Cette variation considérable suggère la possibilité d'un effet de saturation. Mais il n'a pas été possible de mettre celle-ci en évidence, car, lorsque ΔN atteint 1000/min, la saturation n'est pas encore atteinte et le compteur téléphonique utilisé commence à ne plus pouvoir enregistrer la totalité des décharges.

En résumé, la sensibilité des compteurs photoélectriques, définie par le rapport $\Delta N/\mathcal{J}$, est d'autant plus faible que le flux lumineux qu'ils reçoivent est plus intense. Toutefois, pour un certain domaine d'intensités, on peut admettre que la sensibilité ne dépend pas du flux lumineux.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur l'énergie d'activation des réactions photogéniques accompagnant la thermolyse des azotures.* Note [1] de M. **René Audubert**, présentée par M. Georges Urbain.

J'ai montré avec H. Muraour [2] que la dissociation thermique lente des azotures s'accompagne d'une émission de rayonnement ultraviolet décelable par des compteurs photoélectriques de CuI [permettant d'apprécier quelques photons par seconde et par centimètre carré pour une longueur d'onde moyenne de 2150 Å [3]].

L'expérience montre que l'intensité du rayonnement croît rapidement

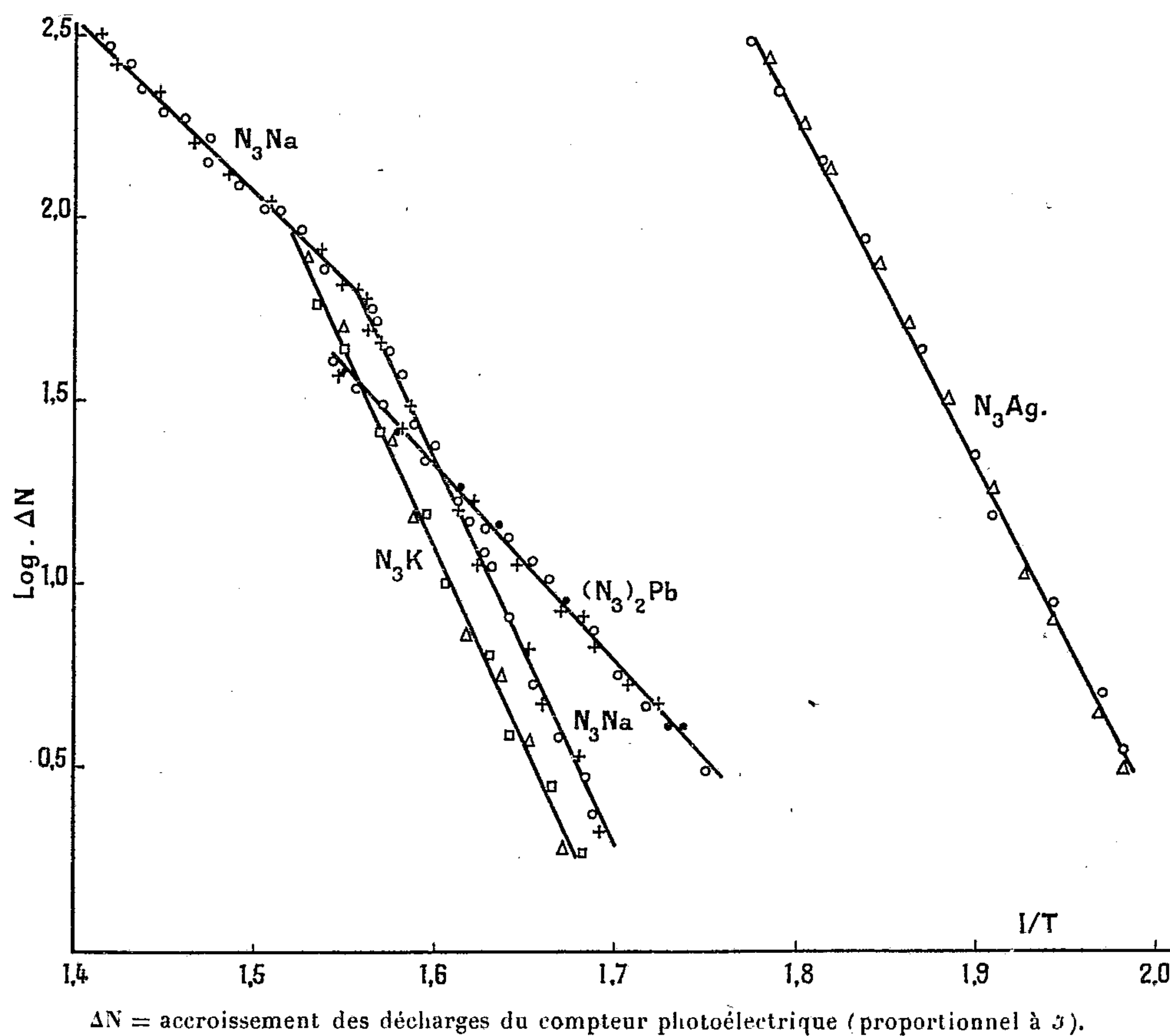
(1) Séance du 5 avril 1937.

(2) R. Audubert et H. Muraour, *Comptes rendus*, 204, 1937, p. 431.

(3) R. Audubert, *Comptes rendus*, 200, 1935, p. 918, et R. Audubert et H. Reithmüller, *Comptes rendus*, 200, 1934, p. 389.

avec la température, les courbes obtenues par valeurs croissantes et par valeurs décroissantes de cette variable étant superposables.

Il est possible de déterminer les énergies d'activation des réactions photogéniques si l'on admet que l'intensité du rayonnement émis est proportionnelle à la constante de vitesse du processus émetteur. Une telle hypothèse est justifiée par la forme même des courbes représentant la variation de l'effet $\mathcal{J}$ avec la température absolue T; si l'on porte en effet $1/T$ en abscisses et $\log \mathcal{J}$ en ordonnées, on a des droites ainsi que le montre la figure;



ΔN = accroissement des décharges du compteur photoélectrique (proportionnel à $\mathcal{J}$).

ce qui justifie l'emploi de la relation connue $d(\log k)/dT = -E/RT^2$, grâce à laquelle on calcule l'énergie d'activation E. On obtient ainsi les résultats suivants :

	N^3K.	N^3Ag.	$(N^3)^2Pb$.
E......	20000 à 22000^{cal}	20000 à 21000^{cal}	10000 à 11000^{cal}

Ces trois azotures ne présentent chacun qu'une réaction photogénique. Le cas de l'azoture de sodium est différent, la courbe $\log \mathcal{I} = f(1/T)$ est constituée par deux tronçons de droites dont les pentes correspondent respectivement aux énergies d'activation : $E_1 = 20000$ à 22000^{cal}; $E_2 = 9000$ à 11000^{cal}. Au-dessous de la température de transition, $t = 365°C$, le processus E_1 est responsable de l'émission, alors qu'au-dessus c'est le processus E_2.

Ces résultats permettent donc de conclure que les réactions luminescentes peuvent être de deux types tous deux indépendants du métal associé, par suite caractéristiques du groupement N^3.

La dissociation lente des azotures ne s'effectue donc pas simplement comme on le croit, en particulier, pour les azotures alcalins, mais par l'intermédiaire d'actes chimiques élémentaires dont certains peuvent être accompagnés d'émission de lumière. Le cas du N^3Na est à cet égard intéressant : comme, sous l'élévation progressive de la température le processus à plus grande énergie d'activation se produit le premier, il faut admettre l'existence d'au moins un processus intermédiaire non photogénique, du moins dans le domaine des longueurs d'onde étudié.

Dans tous les cas les énergies d'activation sont faibles, d'autre part les chaleurs de décomposition de N^3K et de N^3Na sont petites, on ne peut donc expliquer ces émissions de grands quanta par des désactivations simples. Mais on peut rattacher ces émissions à l'activation électronique des radicaux. L'analyse de l'état électronique appliqué par Victor Henri (¹) aux azotures tels que N^3Na montre que dans ces composés le groupement N-N se trouve dans un état électronique comparable à l'état activé de la molécule d'azote, $C(^3\Pi)$ dont l'énergie d'activation est considérable, de l'ordre de 250000^{cal}, ce qui est plus que suffisant pour justifier de la grandeur des photons émis.

(¹) *Comptes rendus*, 203, 1936, p. 67.

CINÉTIQUE CHIMIQUE. — *Effet de paroi dans l'évolution des solutions aqueuses de chlorure ferrique.* Note de M. **Jules Guéron**, présentée par M. Georges Urbain.

Nous avons vu (¹) que l'étape moyenne de l'évolution des solutions aqueuses de chlorure ferrique est représentée par l'équation

$$(\mathrm{I}') \qquad \frac{\lambda}{\lambda_0} - 1 = [p(\log t_0 - r) + s] \log \frac{t}{t_0},$$

où λ représente la conductivité de la solution après t minutes d'évolution et λ_0 sa conductivité initiale. A température et concentration données, r et s sont des constantes, tandis que p et t_0 sont des paramètres qui varient sous des influences que nous allons étudier.

I. Le paramètre p est le même pour toutes les courbes obtenues dans un même vase, sous réserve d'une variation lente liée au vieillissement de la solution stock (qui, par dilution à 100 fois son volume, fournit les solutions étudiées).

II. Au contraire, dans un même vase, t_0 varie d'une courbe à l'autre, et, avec t_0, la pente α de la droite D (²), pente définie dans les cas étudiés (à $40,0 \pm 0,02$°C; solution à 0,0178 mol-g/l de Cl^3Fe), par l'équation

$$(\mathrm{II}') \qquad \frac{\alpha}{\lambda_0} = p(\log t_0 - 2,230_7) + 0,408 \quad (^2).$$

L'état de la paroi du vase détermine les variations de t_0.

Ce fait n'est pas surprenant, étant donné ce que l'on sait de l'influence des parois sur l'évolution des solutions aqueuses d'acétate de zinc et de chlorure stannique, et

---

(¹) *Comptes rendus*, 204, 1937, p. 1119.

(²) Pour que les α et les t_0 vérifient l'équation (II') il faut que les courbes soient obtenues avec des solutions fraîchement diluées. Si l'on opère avec des solutions diluées depuis 24 heures ou plus et conservées à froid, l'évolution suit encore une loi de forme (1) (¹), mais bien que λ_0 ait la même valeur que dans le cas d'une solution fraîchement diluée; autrement dit, bien que l'état ionique initial de la solution portée à 40°C ne dépende pas de la date de sa préparation, le point (α, $\log t_0$) qui définit l'évolution se place en dehors de la droite (II') relative aux solutions fraîches.

sur diverses réactions de précipitation (³); en outre on constate aisément que les parois d'un vase dans lequel a évolué une solution de chlorure ferrique sont recouvertes, non pas d'un simple dépôt, mais d'un film *adhérent* d'oxyde ferrique.

Suivant qu'on opère dans un vase propre (traité aux acides, rincé, puis lavé, plusieurs jours durant, à l'eau bouillante, par un dispositif continu apparenté à celui des appareils d'épuisement), dans le même vase moins soigneusement nettoyé, ou aux parois recouvertes d'oxyde laissé par les opérations antérieures (simplement rincé ou longuement lavé à l'eau bouillante) on obtient des valeurs diverses de α et de t_0, ces deux grandeurs augmentant à mesure que le nettoyage du vase est plus parfait. En outre les couples (α, t_0) satisfont à l'équation (II') qu'ils proviennent d'expériences faites avec un vase propre, dont la paroi interne est de verre et de platine, ou avec un vase déjà utilisé, dont la paroi interne est d'oxyde ferrique [4]. Le coefficient p est donc indépendant de l'*état* de la paroi; puisqu'il varie d'un vase à l'autre il doit être fonction des *dimensions* du récipient.

III. On est alors conduit aux conclusions suivantes :

a. l'hydrolyse lente du chlorure ferrique est, pour une part au moins, une réaction de paroi, comme le sont les réactions de même sorte précédemment étudiées [3];

b. la réaction est catalysée par un de ses produits, l'oxyde ferrique, comme l'avait montré Heymann [5]. Mais on peut préciser l'observation de cet auteur : pour exercer une action il suffit que l'oxyde se trouve sur la paroi : il hâte alors le démarrage de la réaction (t_0 diminue), mais en même temps il la ralentit (α diminue); son action est ainsi complexe;

c. On peut raisonnablement penser que la réaction se déclenche à la paroi. La période d'induction servirait à une réorganisation du système solution-vase, les particules amicroniques présentes dès l'origine dans la solution, par suite de l'hydrolyse initiale, se distribuant entre solution et paroi (ce qui n'entraîne pas de variation sensible de la conductivité) de façon à *déchaîner* l'hydrolyse. Celle-ci ne pourrait progresser qu'autant que se serait formée une paroi d'oxyde ferrique. On comprend alors que la préexistence de celle-ci raccourcisse, jusqu'à presque l'annuler, la période

---

(³) J. Guéron, *Comptes rendus*, 195, 1932, p. 150; *Ann. Chim.*, 11ᵉ série, 3, 1935, p. 276 et 324.

(⁴) On constate aisément que l'oxyde *prend* sur le platine comme sur le verre. Il ne semble pas pas qu'il y ait d'influence spécifique du platine, massif ou divisé, car les expériences faites dans des vases munis d'électrodes brillantes ou d'électrodes platinées donnent des valeurs de p et de t_0 tout à fait comparables.

(⁵) *Kolloid Z.*, 47, 1929, p. 325; 48, 1930, p. 25.

d'induction (6) et que le paramètre p soit indépendant de la nature *primitive* de la paroi, tout en étant fonction de son étendue (7).

d. Il reste à expliquer pourquoi le film pariétal d'oxyde ferrique ralentit la réaction en même temps qu'il en hâte le déclenchement (8).

CHIMIE MINÉRALE. — *Étude par enregistrement photographique de la réduction des oxydes de fer en présence de leurs impuretés naturelles.* Note (1) de M. **François Olmer**, présentée par M. Georges Urbain.

MM. Jolibois et Bossuet (2) ont exposé le résultat de leurs travaux sur les conditions de stabilité, sur la réduction et sur l'oxydation des oxydes d'uranium.

J'ai étudié, par une méthode analogue, l'action de l'hydrogène sur les oxydes de fer, soit purs, soit mélangés avec leurs impuretés naturelles. L'appareil employé se compose d'une chambre de réaction contenant un poids connu de matière. La température de cette enceinte s'élève jusqu'à 1000°, grâce à un four électrique dont la température croît de 100° à l'heure.

Un courant d'hydrogène soigneusement desséché parcourt, par l'intermédiaire d'une trompe à mercure, un circuit fermé comprenant d'une part, la chambre à réaction et d'autre part, un absorbeur à anhydride

(6) Une fois la réaction déclenchée elle se propage dans la masse de la solution où prend naissance un colloïde qui constitue une sorte de *paroi diffuse* sur laquelle la réaction progresse (c'est l'autocatalyse de Heymann). On place une solution dans un vase soigneusement nettoyé et l'on observe une période d'induction de 120 minutes environ; au bout de 150 minutes ($\lambda/\lambda_0 - 1 = 0{,}0008$) on transvase la solution, à peine opalescente, dans un second vase préalablement placé dans le thermostat, de façon à éviter toute perturbation notable de température. Bien que ce second vase soit nettoyé de façon à donner, avec une solution fraîche, une période d'induction d'une heure au moins, on n'observe pas de nouvelle période d'induction. L'évolution se poursuit conformément à une loi de forme (1).

(7) Nous savons en effet que p varie d'un vase à l'autre; de plus, il change, pour un vase donné, lorsqu'on garnit celui-ci d'un remplissage de baguettes de verre.

(8) Ce point sera discuté, dans un autre Recueil, en même temps qu'on donnera la justification numérique des résultats résumés dans cette Note et dans celle qui l'a précédée (1).

(1) Séance du 12 avril 1937.

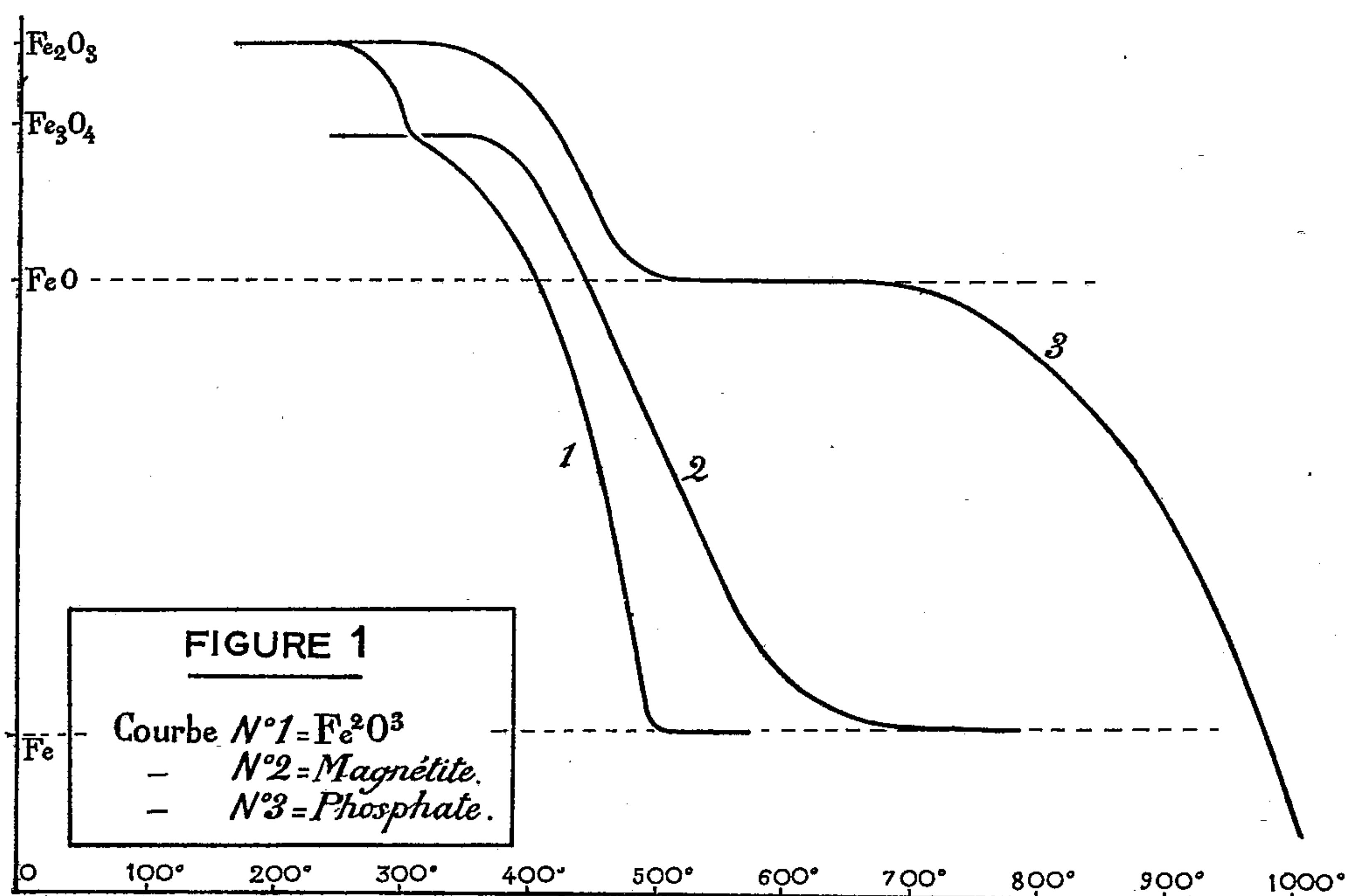
(2) *Comptes rendus*, **174**, 1922, p. 386.

phosphorique, de sorte que la marche de la réduction peut être mesurée par la diminution de pression produite par l'absorption de la vapeur d'eau.

Les courbes pressions-températures sont enregistrées photographiquement.

Les figures 1 et 2 montrent l'allure de ces courbes.

a. Oxydes purs. — La réduction du sesquioxyde Fe^2O^3 est représentée



par la courbe 1 (*fig.* 1). Elle présente un point singulier à 325°, montrant l'existence temporaire de l'oxyde magnétique Fe^3O^4.

La magnétite Fe^3O^4, préparée par la méthode de M. Chaudron, et la magnétite naturelle donnent des courbes de réductions analogues (*fig.* 1, courbe 2).

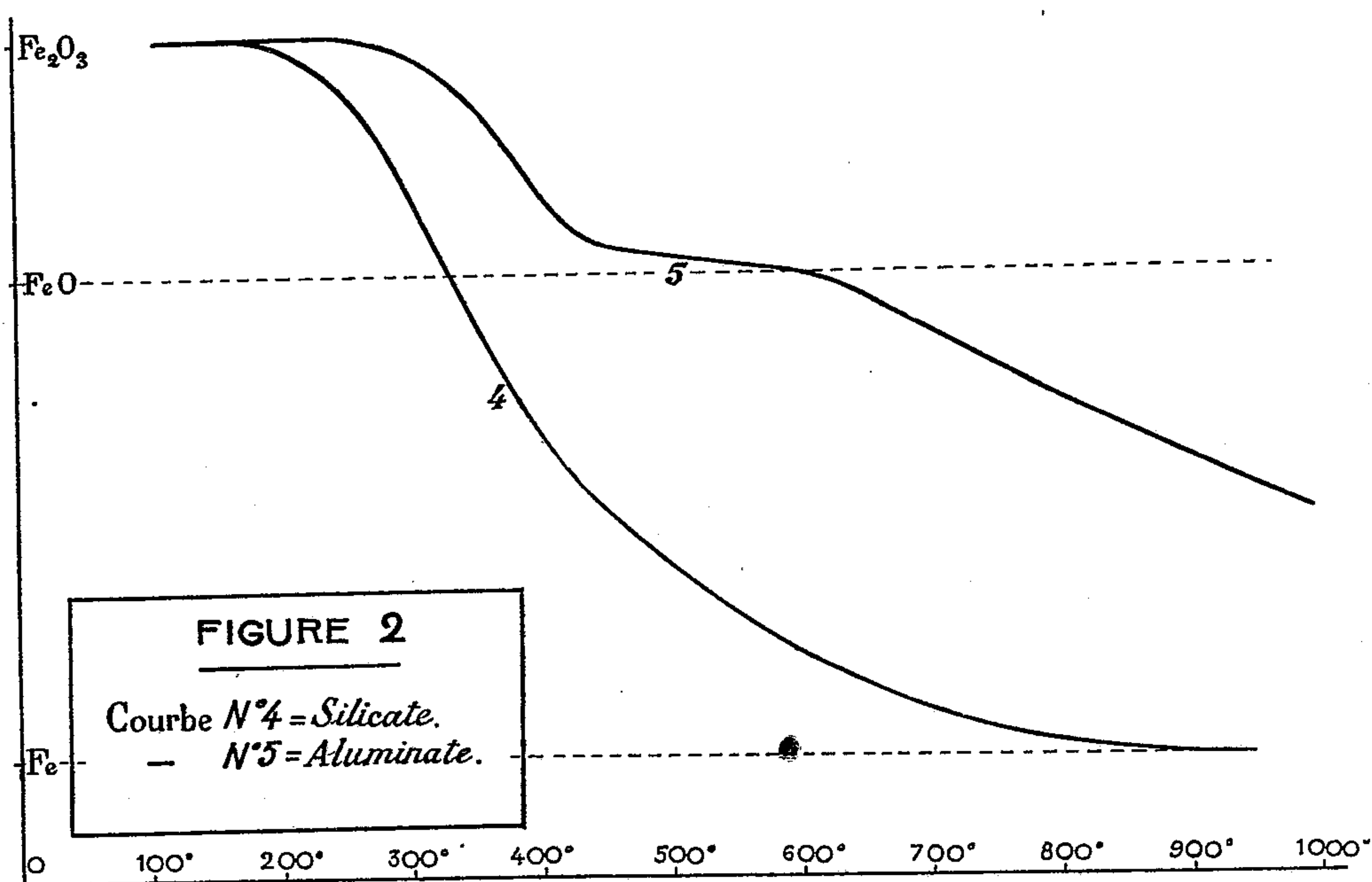
b. Oxyde de fer et carbonate de calcium. — Le mélange équimoléculaire de ces deux corps, calciné au préalable à 1000°, donne une réduction montrant la formation à 550° du ferrite double de calcium Fe^2O^3, $2CaO$, déjà signalé par Sosman et Merwin ([3]).

c. Phosphate de fer. — Le début de la réduction est 400°. La courbe

([3]) *J. Washington Acad.*, 6, 1916, p. 534.

montre un palier correspondant à FeO, puis la réduction est rapide; le produit final est du fer mélangé de phosphore PFe^2 (courbe 3, *fig.* 2).

d. Silicate de fer. — Les courbes montrent que la réduction se produit beaucoup moins facilement que dans le cas de l'oxyde pur. La fin de la réduction a lieu à des températures comprises entre 900° et 1000° (courbe 4, *fig.* 2).



e. Aluminate de fer. — La réduction est très lente : elle n'est jamais achevée à 1000°. Les courbes obtenues présentent un palier, plus ou moins bien défini, correspondant à FeO, Al^2O^3 (courbe 5, *fig.* 2).

Les courbes sont nettement différentes de celles des oxydes. Plusieurs expériences, exécutées sur des mélanges des deux oxydes préparés séparément, ont donné des courbes présentant toutes les caractéristiques de celles des oxydes purs. Ce n'est qu'après une calcination préalable à 1400° que ces mélanges donnent des courbes identiques à celles de l'aluminate précipité.

En résumé, en opérant toujours dans les mêmes conditions, nous avons montré que la réduction des oxydes de fer par l'hydrogène est modifiée de la manière suivante par l'adjonction d'impuretés.

	Température de la réduction visible.	Fin de la réduction.
Fe^2O^3	280	450-550
Fe^3O^4	400	600-700
$Fe^2O^3 + P^2O^5$	400	PFe^2 vers 1100
$Fe^2O^3 + Al^2O^3$	280	1300 ?
$Fe^2O^3 + SiO^2$	280	800-900

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur les carbonates basiques verts de cuivre.* Note de M. **Osias Binder**, présentée par M. Georges Urbain.

La malachite peut être reproduite synthétiquement. Toutefois, le produit obtenu renferme toujours un peu plus d'eau que la formule de la malachite naturelle $CO^2.2CuO.H^2O$ l'exigerait ([1]).

Certains chercheurs considèrent le carbonate basique vert synthétique comme un composé basique mal défini ([2]), alors que, pour d'autres, il s'agit d'une solution solide ([3]) ou d'un produit défini de formule légèrement différente de celle de la malachite naturelle. Enfin MM. M. Guillot et G. Geneslay ([4]) ont assuré récemment que la malachite artificielle est identique à la malachite naturelle, pour laquelle ils proposent de réviser la formule en l'écrivant $4CO^2.8CuO.5H^2O$, ou encore $[CO^2.2CuO.H^2O]^4,H^2O$.

L'analyse directe du produit obtenu par action mutuelle des solutions aqueuses de sulfate cuivrique et de carbonate de sodium à froid, m'a conduit à lui attribuer la formule déjà envisagée par E. Rubénovitch ([5]), $CO^2.2CuO.1,5H^2O$.

Toutefois, si l'on rapporte les résultats d'analyse de MM. Guillot et Geneslay aux poids moléculaires respectifs CO^2, CuO et H^2O, et que l'on divise ces coefficients moléculaires par le plus petit d'entre eux, comme on fait généralement pour déterminer la formule brute d'un composé, on trouve, pour 1^{mol} de CO^2 : $2^{mol},15$ ou $2^{mol},13$ de CuO et $1^{mol},47$ ou $1^{mol},42$

([1]) L. M. Vauquelin, *Ann. Chim. Phys.*, **87**, 1813, p. 5.

([2]) L. Cloutier, P. E. Pelltier et Paul E. Gagnon, *Trans. Roy. Soc. Canada*, 3e série, sect. 3, **30**, 1936, p. 149.

([3]) J. R. Hepburn, *J. Ch. Soc. London*, **127**, 1925, p. 1007 et **131**, 1927, p. 2883.

([4]) *Comptes rendus*, **202** 1936, p. 136; G. Geneslay, *Thèse Pharmacie*, Paris, 1936, p. 26 et *Bull. Soc. Chim.*, 5e série, 4, 1937, p. 117.

([5]) *Comptes rendus*, **129**, 1899, p. 336.

de H^2O, ce qui est plutôt en accord avec la formule que je viens d'indiquer, qu'avec celle proposée par les auteurs précités.

Ceux-ci ont trouvé un argument en faveur de leur formule, dans les recherches cristallographiques de rayons X de H. Brasseur ([6]), qui cependant n'a déterminé que partiellement la structure de la malachite : « La structure n'est pas encore complètement connue, seuls les ions Cu ont pu être fixés en position ». Les positions des ions CO^3 et OH n'ont pas encore été fixées. La maille cristalline élémentaire renferme 8^{at} de cuivre, soit 4^{mol} de malachite cristalline. MM. Guillot et Geneslay indiquent que la formule qu'ils proposent est conforme à la structure cristalline, en admettant que la symétrie de la maille ne soit pas modifiée par l'addition d'un H^2O en son centre.

D'autre part la décomposition thermique de la substance de formule $CO^2.2CuO.1,5H^2O$ a été étudiée par Mlle S. Hémar ([7]) en déterminant la perte de poids, soit par dessication à température fixe jusqu'à poids constant, soit par dessication à température régulièrement croissante, à l'aide de la balance à compensation hydrostatique de M. M. Guichard. Cette méthode fournit des courbes de variation du poids de la substance en fonction de la température qui ne présentent pas de palier entre le carbonate basique $CO^2.2CuO.1,5H^2O$ et l'oxyde cuivrique.

Toutefois cette méthode n'est pas assez sensible, et en effectuant un enregistrement photographique de la courbe poids-température de la décomposition thermique, ainsi que de la courbe d'analyse thermique différentielle ([8]), j'ai constaté que la substance $CO^2.2CuO.1,5H^2O$ se décompose en deux stades distincts : le premier correspond à un départ progressif d'une demi-molécule d'eau entre 25° et 200°. Le deuxième amène brutalement le départ simultané de la molécule d'eau restante et du gaz carbonique. Il reste vers 310° un résidu de 2^{mol} d'oxyde cuivrique noir.

Les spectres de diffraction des rayons X de la substance $CO^2.2CuO.1,5H^2O$ et $CO^2.2CuO.H^2O$ sont identiques; le départ de la molécule d'eau s'effectue donc sans provoquer de modification dans la répartition des autres atomes du réseau cristalin du sel basique.

On doit alors considérer cette demi-molécule d'eau comme n'intéressant

---

([6]) *Zeits. für Krist.*, 82, 1932, p. 111, *Thèse, Sciences*, Bruxelles, 1933, et *Structures et propriétés des carbonates,* Paris, 1936, p. 20.

([7]) *Comptes rendus,* 198, 1934, p. 1507.

([8]) Ces enregistrements ont été effectués par Mme Proix-Noé et M. P. Dubois.

pas d'une manière fondamentale la structure du composé, c'est dire qu'il ne s'agit certainement pas d'eau de constitution et vraisemblablement seulement d'eau d'hydratation.

Le spectre de diffraction de rayons X de l'espèce naturelle est identique à celui des produits synthétiques; toutefois, la courbe d'analyse thermique différentielle ne présente qu'une seule inflexion due au départ simultané de l'eau et du gaz carbonique; il est alors possible, en accord avec l'analyse directe du produit, de conserver pour la malachite la formule classique $CO^2 . 2CuO . H^2O$.

On peut donc considérer la substance obtenue par l'action directe du sulfate cuivrique sur le carbonate de sodium comme une malachite hydratée, ainsi que M. V. Auger [9] l'avait proposé, ou encore comme un complexe de groupe *diol* et l'écrire $CO^3\left[Cu\left(\begin{smallmatrix}HO\\HO\end{smallmatrix}\!>\!Cu\right)\right]0{,}5H^2O$, et le produit déshydraté comme identique à la malachite naturelle $CO^3\left[Cu\left(\begin{smallmatrix}HO\\HO\end{smallmatrix}\!>\!Cu\right)\right]$, en les appelant respectivement carbonate cuivrique *diol*, cuivrique semi-hydraté et anhydre.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Bromuration de quelques composés aromatiques en présence de glucinium et d'oxyde d'éthyle.* Note [1] de M. **Roger Pajeau**, présentée par M. Marcel Delépine.

Nous avons montré [(2)-(3)] que le bromure de glucinium est un catalyseur de bromuration. Dans la présente Note nous indiquerons d'autres résultats obtenus en substituant le métal à son halogénure dont nous évitons ainsi la préparation préalable. Il suffit en effet que le brome et le glucinium soient en présence d'oxyde d'éthyle pour qu'ils réagissent dès la température ordinaire. On obtient un composé d'addition peu stable $Br^2Gl[(C^2H^5)^2O]^2$ qui se forme également si l'on chauffe du bromure de glucinium et de l'éther anhydre.

L'action du brome en excès, en présence de glucinium et d'oxyde

(9) *Bull. Soc. Chim.*, 4e série, 15, 1914, p. 500.

(1) Séance du 12 avril 1937.

(2) M. F. Taboury et R. Pajeau, *Comptes rendus*, 202, 1936, p. 328.

(3) R. Pajeau, *Comptes rendus*, 202, 1936, p. 1795.

d'éthyle, sur quelques hydrocarbures benzéniques et quelques phénols, a été étudiée en opérant, en général, de la façon suivante : on a introduit dans un matras $0^g,16$ de glucinium, 100^g de brome, 10^g d'éther anhydre et 8^g du corps à bromer; le tout était abandonné 6 heures à la température du laboratoire, puis soumis aux traitements ordinaires.

Le benzène est transformé en paradibromobenzène. Avec les hydrocarbures benzéniques possédant une chaîne latérale, le brome se substitue, comme le montre une oxydation nitrique, à 3 atomes d'hydrogène du noyau, vraisemblablement en position 2.4.5; dans tous les cas étudiés, la chaîne est respectée quelle que soit sa longueur. C'est ainsi qu'on obtient le tribromo-2.4.5-toluène, un tribromoéthylbenzène $E_{18} = 178\text{-}180°$, un tribromopropylbenzène $E_{17} = 185\text{-}187°$, un tribromoisopropylbenzène $E_{19} = 181\text{-}183°$, un tribromobutylbenzène $E_{18} = 199\text{-}201°$; un tribromoamylbenzène $E_{80} = 233\text{-}235°$. Nous poursuivons l'étude de ces dérivés.

Si l'hydrocarbure possède deux chaînes latérales droites, la substitution du brome dans le noyau est totale [nous l'avons déjà signalé (³) dans la bromuration des xylènes en présence de bromure de glucinium]. Avec l'orthoéthyltoluène on a dû prolonger la réaction 24 heures en employant $0^g,25$ de glucinium; le produit recueilli abandonne, si l'on chasse l'excès de solvant sous pression réduite, un solide qui cristallise dans l'alcool éthylique le benzène et qui fond à 112° : c'est le tétrabromo-3.4.5.6-éthyl-2-méthyl-1-benzène. Le paradiéthylbenzène fournit le tétrabromo-2.3.5.6-diéthyl-1.4-benzène.

Si l'on substitue à un atome d'hydrogène du benzène un second noyau benzénique, chacun d'eux est bromé en para : le diphényle donne du dibromo-4.4'-diphényle. Lorsque des noyaux sont séparés par un seul chaînon hydrocarboné (diphénylméthane, triphénylméthane, diphényléthane dissymétrique, tétraphényléthane symétrique), on obtient des produits gommeux, tandis qu'avec le dibenzyle il se forme un hexabromodibenzyle (24 heures de réaction, $0^g,25$ de glucinium) : chaque noyau, auquel on peut attribuer un chaînon, porte vraisemblablement trois atomes de brome, comme cela se produit dans la bromuration du toluène.

Avec les dérivés chlorés dans la chaîne, chlorure de benzyle, chlorure de benzylidène, le brome se substitue à l'halogène de la chaîne et à un atome d'hydrogène du noyau en para : on obtient respectivement le parabromobromure de benzyle et le parabromobromure de benzylidène $E_{19} = 170\text{-}171°$.

Le radical NO^2 protège la molécule des dérivés nitrés des hydrocarbures benzéniques ([1]).

Si le noyau renferme un groupement OH seul ou associé à un groupement NO^2, l'action du brome, en présence de glucinium et d'oxyde d'éthyle n'est pas plus profonde que si l'halogène agit seul : le phénol ordinaire, l'orthonitrophénol, le paranitrophénol fournissent respectivement le tribromo-2.4.6-phénol, le dibromo-4.6-nitro-2-phénol, le dibromo-2.6-nitro-4-phénol.

Avec les crésols, on obtient des dérivés tétrabromés si les groupements OH et CH^3 sont en ortho ou en para et des dérivés tribromés s'ils sont en méta (cependant la quantité de tétrabromo-3.4.5.6-orthocrésol recueillie est très faible même après 24 heures de réaction en utilisant $0^g,25$ de glucinium).

Il en est de même si l'on remplace un radical CH^3 des crésols par un radical OH : les diphénols fournissent la tétrabromopyrocatéchine, la tétrabromohydroquinone et la tribromo-2.4.6-résorcine.

La bromuration du thymol (24 heures de réaction, $0^g,25$ de glucinium) provoque une rupture de la chaîne ramifiée et l'on recueille du tétrabromo-2.4.5.6-métacrésol.

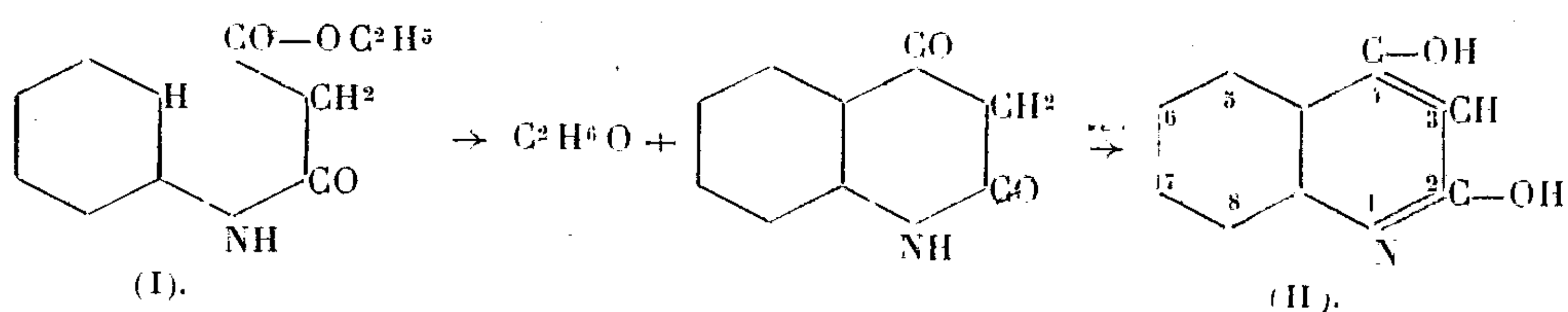
CHIMIE ORGANIQUE. — *Nouvelle méthode de synthèse des dérivés de la 2.4-dihydroxyquinoléine (4-hydroxycarbostyrile) à partir des éthers maloniques et des amines aromatiques.* Note de MM. **André Meyer** et **Paul Heimann**, présentée par M. Marcel Delépine.

On peut ramener les synthèses de la *2.4-dihydroxyquinoléine* et de ses dérivés à deux types de réactions : 1° condensation de l'acide anthranilique (ou de ses éthers) avec l'acide acétique (ou l'éther acétique) avec élimination d'eau (ou d'alcool); 2° condensation du chlorure d'orthonitrobenzoyle avec l'éther malonique ou ses dérivés et saponification, puis réduction ultérieure du produit obtenu.

Nous nous sommes proposé de préparer les dérivés du 4-hydroxycarbostyrile par cyclisation des monoanilides des éthers maloniques ou de leurs produits de substitution. En effet on peut théoriquement concevoir

(1) En présence de bromure de glucinium, le brome ne réagit pas sur le nitrobenzène, le paranitrotoluène, le dinitro-2.4-toluène.

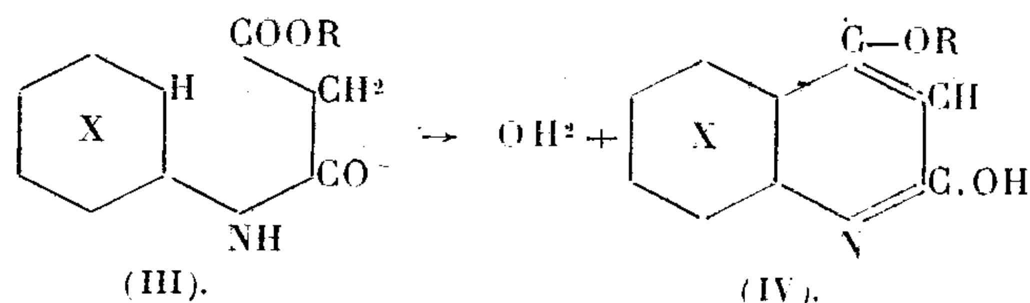
la formation de l'hydroxycarbostyrile (II) à partir de l'anilide de l'éther malonique (I) par élimination d'alcool



Une telle réaction se rattacherait ainsi aux belles synthèses de la 4-hydroxyquinaldine ([5]) et de la 2-hydroxylépidine ([6]) en partant respectivement des aniles et anilides acétylacétiques. Elle permettrait d'envisager notamment, d'une part, la préparation de dérivés du 4-hydroxycarbostyrile substitués dans le noyau benzénique, au moyen des amines aromatiques substituées et, d'autre part, de dérivés substitués dans le noyau pyridique, en 3, à l'aide des éthers alcoylmaloniques.

Les monoanilides des éthers maloniques se préparent par chauffage de ces éthers ou de leurs homologues avec les amines aromatiques, dans des conditions déjà étudiées par Chattaway et ses collaborateurs ([7]). Un certain nombre d'autres arylamides et diarylamides nouvelles ont été préparées et seront décrites ultérieurement par l'un de nous.

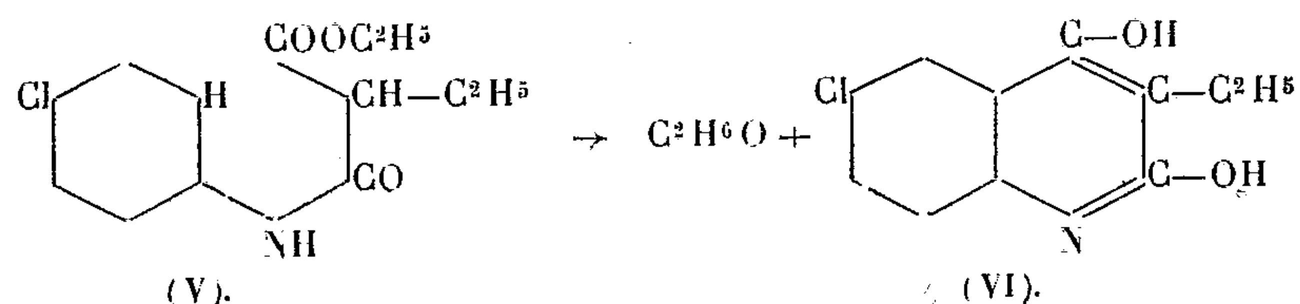
I. L'expérience nous a montré que les monoarylamides des éthers maloniques de la forme Ar—NH—CO—CH^2—COOR (III) subissent généralement une cyclisation par déshydratation, mais non par perte d'alcool, lorsqu'on les introduit dans de l'huile de paraffine chauffée vers 250°. Le rendement est très satisfaisant dans la majorité des cas et l'on ne constate comme produit secondaire que la formation de diarylamide malonique



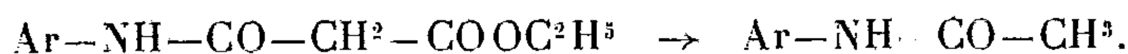
On obtient ainsi des éthers-oxydes substitués en 4 du carbostyrile (IV). La constitution de ces composés est appuyée notamment par l'oxydation permanganique en acide 3.5-*dihydroxynicotique*, $C^5H^2N(OH)^2COOH$.

([5]) Conrad et Limpach, *Ber. d. Chem. Ges.*, 20, 1887, p. 944.
([6]) Knorr, *Ann. Chem.*, 236, 1886, p. 83.
([7]) *J. Chem. Soc.*, 97, 1910, p. 339 et 939.

II. Lorsqu'on traite dans les mêmes conditions, l'arylamide d'un éther malonique substitué, la cyclisation a lieu avec élimination d'*alcool;* par exemple, l'*anilide p-chloro-éthylmalonique* (V) produit la 6-*chloro*-3-*éthyl*-2.4-*dihydroxyquinoléine* (VI):

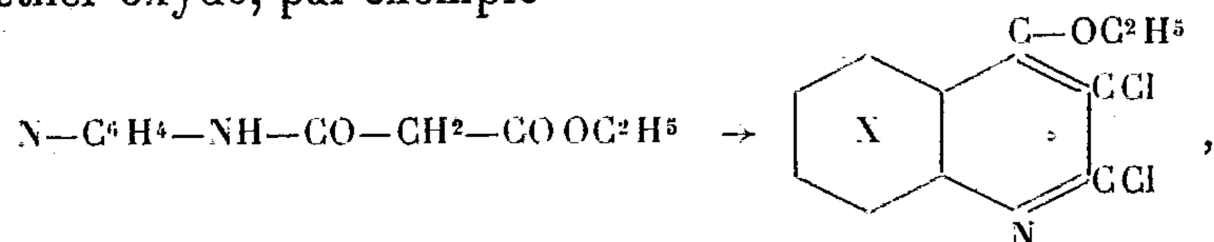


III. L'action de l'anhydride acétique sur les monoarylamides-éthers ne produit pas de cyclisation, mais une saponification, avec perte de CO^2 et formation d'arylamine acétylée



$$Ar—NH—CO—CH^2—COOC^2H^5 \rightarrow Ar—NH—CO—CH^3.$$

IV. Rügheimer a préparé, mais avec un rendement très médiocre, des quinoléines di- et trichlorées ([1]) par action du perchlorure de phosphore sur les sels de l'acide malonique avec les amines aromatiques. Cette réaction peut être rendue régulière par action du perchlorure de phosphore sur les arylamides des éthers maloniques : on obtient avec un rendement très satisfaisant des quinoléines halogénées pouvant posséder en 4 une fonction éther-oxyde, par exemple



tandis qu'avec les acides libres $Ar—NH—CO—CH^2—COOH$, on obtient des quinoléines halogénées. Voici quelques-uns des composés nouveaux préparés. L'action de la chaleur sur les arylamides maloniques a notamment fourni la 4-*éthoxy*-6-*chloro*-2-*hydroxyquinoléine*, $C^{11}H^{10}O^2NCl$, P. F. 91°; la 4-*éthoxy*-6-*méthyl*-2-*hydroxyquinoléine*, $C^{12}H^{13}O^2N$, P. F. 138°; la 4-*éthoxy*-8-*méthyl*-2-*hydroxyquinoléine*, $C^{12}H^{13}O^2N$, P. F. 190°; la 3-*éthyl*-6-*chloro*-2-4-*dihydroxyquinoléine*, $C^{11}H^{10}O^2NCl$, P. F. 264°; la 3-*éthyl*-8-*méthyl*-2-4-*dihydroxyquinoléine*, $C^{12}H^{13}O^2N$, P. F. 218°. Celle du perchlorure de phosphore sur les arylamides éthers a

([1]) *Ber. d. Chem. Ges.*, 17, 1884, p. 736; 18, 1885, p. 2975; 20, 1887, p. 1235.

donné les *4-6-dichloro-2-hydroxyquinoléine*, $C^9H^5ONCl^2$, P. F. 138°, et *2-3-8-trichloro-4-éthoxyquinoléine*, $C^{11}H^8ONCl^3$, P. F. 63°,5.

Celle du perchlorure de phosphore sur les acides arylamides maloniques : la *2-3-4-6-tétrachloroquinoléine*, $C^9H^3NCl^4$, P. F. 127°, et la *2-4-dichloro-8-méthoxyquinoléine*, $C^{10}H^7ONCl^2$, P. F. 92°.

GÉOLOGIE. — *Nouvelles observations sur le Quaternaire du littoral du Portugal méridional entre le Cap Sagres et l'embouchure de la rivière d'Odesseixe.* Note de MM. **Antonio de Medeiros Gouvêa** et **Georges Zbyszewski**.

M. Jacques Bourcart a indiqué en 1935 ([1]) que les dunes consolidées tyrrhéniennes du Maroc atlantique et leur plage de base se continuaient tout le long du golfe de Cadix, mais, en général, sous la mer actuelle. Outre les lambeaux émergés de Tarifa, du Cap Trafalgar et de Cadix, elles apparaissent au Cap Saint-Vincent où elles recouvrent des sables rouges, attribués au Pliocène, remplissant les cavités de lapiés creusés dans les calcaires et dolomies du Secondaire.

Des recherches récentes, entreprises sur le conseil de cet auteur, nous ont permis de retrouver cette formation en plusieurs autres points de la côte. Elle y apparaît, avec un développement plus considérable, notamment sur la plage de Sagres, à l'est du Fort, formant deux placages adossés à la falaise jurassique. Leur surface, inclinée de 35°, est attaquée par la mer et corrodée en lapiés. Le grès est formé d'un sable quartzeux avec de petits débris de coquilles marines et quelques *Helix* entiers. Un autre placage se trouve dans la baie d'Armaçâo Nova. Sur la plage de Telheira, la dune consolidée, en bancs particulièrement puissants, plongeant doucement vers la mer, repose sur les marnes rouges et vertes du Trias et de l'Infralias. Les deux ravins, qui aboutissent à la plage, sont creusés en *cañons* dans cette dune. Plus au Nord, celle-ci a jusqu'à 15 à 20^m d'épaisseur. Elle atteint alors l'altitude de 20^m au-dessus du niveau de la mer.

On la retrouve ensuite sur la plage de Torre d'Aspa où P. Choffat l'avait déjà signalé ([2]) sous le nom de « sables agglomérés ».

A l'embouchure de la rivière de Carrapateira, la dune consolidée subsiste

([1]) *Comptes rendus*, 201, 1935, p. 1493, et 202, 1936, p. 856.

([2]) P. Choffat, *Notice sur la carte hypsométrique de Portugal*, p. 58; *Comm. du Serv. Géol.*, Lisboa, 1907.

de part et d'autre d'un ancien lit actuellement ensablé. Son lambeau nord repose en partie sur les schistes du Carbonifère et en partie sur le Trias à l'altitude de + 10^m. Les bancs sont inclinés vers le Sud et descendent rapidement, sur une distance de 20^m jusqu'au niveau de la plage actuelle, sous laquelle ils disparaissent. Le lambeau sud forme une barre de 2^m de haut, émergeant du sable de la plage, normalement à la direction générale de celle-ci et en plongeant fortement vers le Sud. L'ensemble est bréchique et traversé par des veines de calcite. Cette barre est vivement attaquée par la mer.

Toute la région secondaire de Carrapateira a dû subir un affaissement local très récent, qui peut se démontrer de deux manières : tout d'abord, le niveau général de la pénéplaine côtière va en s'abaissant jusqu'à ce point, puis se relève vers le Sud (116^m au signal de Mosquito, 49^m au Nord de la rivière de Bordeira, 28^m dans les dunes de Carrapateira, 31^m sur les falaises jurassiques, 108^m sur le Carbonifère, plus au Sud, 126^m à l'Ouest de Sobral). Mais il est aussi prouvé par l'ensablement extraordinaire de la rivière, l'inclinaison anormale des bancs de la dune consolidée et, enfin, par la présence, à faible distance du rivage actuel, d'une plage fossile actuellement sous-marine où la mer arrache des blocs de lumachelle qu'elle rejette à la côte. A l'embouchure de la rivière d'Aljezur, la dune consolidée descend jusqu'au niveau de l'eau. Elle y fait suite à une terrasse dont le dernier témoin disparaît sous la rivière, à 3^{km} en amont de l'embouchure.

La dune recouvre le Carbonifère de la Punta do Penduradouro et entoure, sur la rive sud du Valle da Telha, les maisons de la plage. Elle est recouverte au sud et au sud-est par les dunes meubles actuelles.

L'ensablement de l'embouchure de la rivière d'Aljezur, l'envasement intense de sa basse vallée, dont le fond rigoureusement plat est occupé par des rizières, la disparition de la terrasse inclinée indiquent ici aussi un affaissement récent de la côte.

Enfin, sur la rive droite de la rivière d'Odesseixe, nous avons retrouvé la dune consolidée dans la partie supérieure de plusieurs petits ravins descendant du plateau et situés entre le pont et l'embouchure. Elle y repose sur des sables jaunes orangés pliocènes.

D'après M. Lautensach et surtout M. Bourcart, toute la partie sud de la côte occidentale du Portugal aurait subi une *flexure* très récente *vers la mer*. L'intérieur du pays, par contre, se serait relevé en formant un bombement, sensiblement parallèle à la côte actuelle. Nos observations confirment donc la première partie de cette hypothèse que nous semblent prouver les faits suivants :

1° le remblaiement et un envasement intense de toutes les basses vallées côtières, en particulier celui des rivières de Bordeira, d'Aljezur, d'Odesseixe et d'Odemira;

2° l'inclinaison générale des terrasses qui se terminent sous le niveau actuel des rivières plusieurs kilomètres avant leur embouchure;

3° la présence et l'inclinaison souvent anormale des dunes consolidées qui, par endroits, descendent en dessous du niveau actuel de la mer et l'existence *sous la mer* de la plage de base de ces dunes.

L'abaissement du littoral tyrrhénien est, en outre, variable d'un point à un autre.

Le soulèvement de l'arrière-pays, en revanche, est démontré par le rajeunissement intense des hauts bassins des rivières et en particulier de celui du Rio Mira, où l'érosion intense a fait disparaître toute trace de l'ancienne pénéplaine.

La limite entre la zone affaissée et la zone surélevée (limite de conservation de la pénéplaine) coïncide approximativement avec la ligne allant d'Odemira à Aljezur.

BIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Sur le prolongement de la durée de la vie chez l'Aubergine greffée sur Douce-Amère.* Note (¹) de M. CONSTANTIN T. POPESCO, présentée par M. Pierre-Augustin Dangeard.

J'ai montré (²) l'influence d'un nouveau mode de greffage, le greffage par inclusion, chez le *Lycium vulgare* placé sur la Tomate. L'épibiote *Lycium*, vivace et ligneux, ainsi nourri par l'hypobiote Tomate, annuel et herbacé, présente dans certain cas des changements spécifiques des fruits qui prennent des formes plus ou moins voisines de ceux de la Tomate.

Ces faits viennent à l'appui de ceux qui ont été signalés par M. Lucien Daniel (³).

Utilisant le même mode de greffage en 1934, le 20 mai, j'ai choisi pour épibiote une jeune pousse de *Solanum Melogena*, espèce annuelle, sur laquelle j'ai détaché des morceaux de 4^{cm} de longueur portant à l'aisselle de leurs feuilles des bourgeons très jeunes, commençant à peine à se former. Chaque morceau a été ensuite taillé longitudinalement, les tissus libéroli-

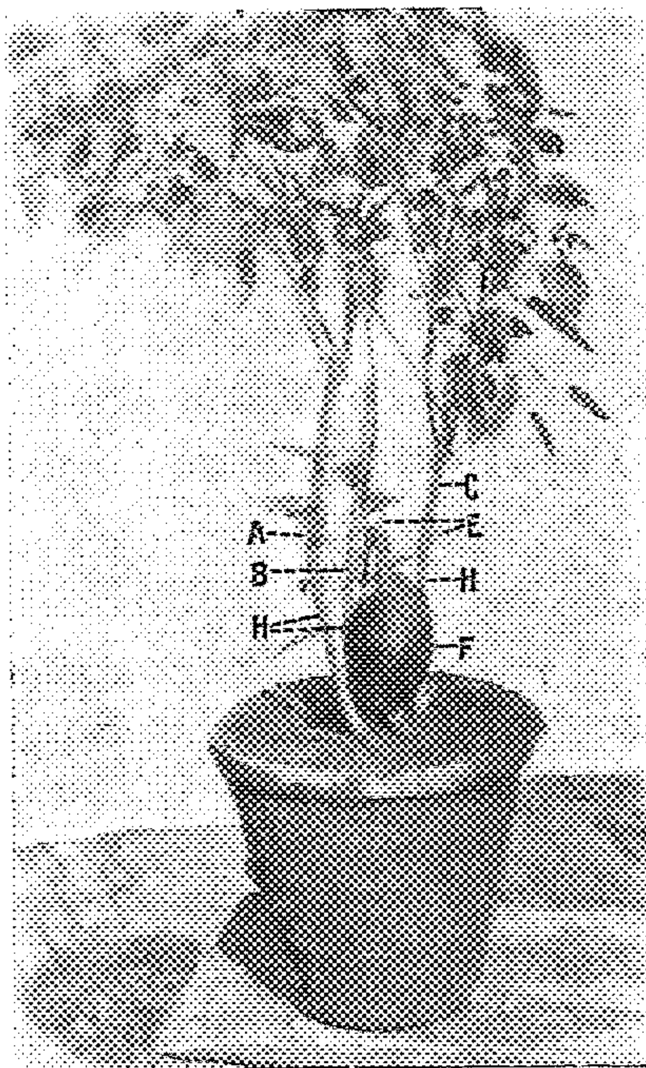
(¹) Séance du 12 avril 1937.

(²) C. T. POPESCO, *Comptes rendus*, 194, 1932, p. 1129.

(³) *Études sur la Greffe*, 3, 1930, p. 842-1292.

gueux ont été enlevés avec précaution de façon à ne pas abîmer les bourgeons. C'est là une condition fondamentale de réussite pour ces sortes de greffages.

Pour hypobiote, j'ai pris trois jeunes pousses d'un vieux *Solanum Dulcamara*, de 30^{cm} de hauteur, venu en pleine terre. Sur leur tiers supérieur, j'ai effectué une fente longitudinale et j'y ai introduit l'épibiote. La ligature faite, le niveau du greffage a été placé sous un manchon de papier blanc



H, hypobiote représenté par trois tiges, A, B et C, de *Solanum Dulcamara;* E, endobiote ou greffon d'aubergine; F, fruit d'aubergine à la fin de la végétation, dans la deuxième année d'existence.

pour éviter la dessiccation. Trois semaines plus tard, la reprise était parfaite.

Au cours de la végétation en 1934, j'ai constaté que les trois épibiotes inclus dans les pousses de Douce-Amère sont passés à l'état de vie latente, tandis que les témoins ont poussé normalement, ont fructifié et leurs fruits ont mûri à l'époque habituelle. Quand les témoins Aubergine commencèrent à se dessécher, à la suite des gelées pour mourir assez vite ensuite, les épibiotes Aubergine inclus dans les tiges de Douce-Amère continuèrent à vivre, malgré les gelées répétées. Le 20 novembre, je trans-

plantai dans un grand pot la Douce-Amère greffée et celui-ci fut placé dans la serre froide de l'Institut botanique de Bucarest (Roumanie) où la température pendant l'hiver oscille entre + 5° et — 2°.

Le pot, arrosé deux fois par semaine, fut transporté au jardin et enterré, le 1er avril 1935. A partir du 25 mars (voir la figure), je m'aperçus qu'un des épibiotes placé sur A était mort, tandis que les deux autres étaient bien verts et commençaient à bourgeonner. De petits rameaux feuillés se formèrent sur lesquels apparurent des fleurs. Chez l'un des épibiotes, E, placé sur C, les feuilles et les fleurs tombèrent à la fin de septembre, chez l'autre (B), placé sur l'hypobiote, le développement fut complet et j'obtins de gros fruits F.

Ces greffes ont été vues par différentes personnes à l'occasion de l'inauguration du buste du botaniste Brandza, le 6 juin 1935. Le 15 novembre, le pot, avec les deux greffes, fut transporté dans la serre froide comme l'année précédente. Les épibiotes sont restés verts pendant l'hiver et ont vécu jusqu'au 1er avril 1936, époque à laquelle le pot fut à nouveau remis en pleine terre dans le jardin. A la fin de juin, ils moururent tous les deux.

De cette expérience et d'autres recherches que je poursuis sur diverses autres plantes herbacées à modes de développement différents, on peut tirer les conclusions suivantes :

1° Dans les greffes par inclusion que j'ai effectuées, l'hypobiote *Solanum Dulcamara* vivace a prolongé la vie de deux de ses épibiotes. L'Aubergine, plante normalement annuelle, a vécu deux ans et demi, tout en restant monocarpique.

2° Le mode de greffage utilisé peut, en certains cas, être un générateur de modifications biologiques d'ordre spécifique. Dans le cas particulier de l'Aubergine et du *Solanum Dulcamara*, les épibiotes ou endobiotes, après s'être conservées à l'état de vie latente, sont passés l'année suivante à l'état de vie active, comme le font certains écussons boudeurs chez diverses plantes ligneuses.

BIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Tubérisation de tiges et d'hypocotyles par diffusion longitudinale d'hétéro-auxine*. Note de MM. **Pierre Chouard** et **René Castau**, présentée par M. Louis Blaringhem.

On sait que l'application d'auxines, d'hétéro-auxine ou d'autres substances (ou hormones) de croissance, apportées dans des cubes de gélose sur la surface de section de coléoptiles d'avoine récemment décapitées, restitue

la faculté d'allongement de ces organes qui avait été suprimée par la décapitation [Boysen-Jensen, Went, etc. (¹)]. Ces hormones de croissance, transportées dans le sens normal du courant de sève descendante, excitent donc l'allongement des cellules, ou plutôt l'extension longitudinale de leurs membranes dans le sens de l'axe de l'organe.

Quelques auteurs ont cependant observé d'autres effets : Laibach (²), en appliquant l'hétéro-auxine dissoute dans la lanoline, sur l'extrémité décapitée d'une plantule de Fève, y observe la formation rapide d'un cal avec divisions cellulaires. Czaja (³), en appliquant un anneau de lanoline avec hétéro-auxine autour de la zone de croissance de l'hypocotyle d'*Helianthus*, constate un épaississement de l'organe au détriment de l'allongement et conclut en disant que l'hétéro-auxine excite le grandissement cellulaire dans le sens où elle est transportée; dans son expérience, l'hormone diffusait en effet depuis la surface latérale jusqu'au centre de de l'organe, perpendiculairement à l'axe, et produisait aussi une extension cellulaire transversale. Enfin, Cholodny, puis Thimann (⁴) indiquent la possibilité d'un grandissement isodiamétrique des cellules de racines sous l'effet des solutions d'auxines diverses.

Nous avons repris certaines de ces expériences, vérifié une fois de plus les réactions de la coléoptile d'avoine à l'application d'auxine et d'hétéro-auxine dans la gélose. Et nous avons voulu alors rechercher l'effet de ces substances sur la plantule de Melon dont l'allure de croissance nous était bien connue (⁵). La plantule de Melon est formée d'une gemmule avec les deux cotylédons, portée sur un hypocotyle qui s'allonge très rapidement à l'obscurité et à 25°-28°C. L'allongement porte sur la portion supérieure de l'hypocotyle et cesse très rapidement après l'ablation des cotylédons. Ceux-ci lui délivrent à la fois les aliments et les hormones normales d'allongement qui diffusent de haut en bas parallèlement à l'axe.

Nous avons appliqué l'hétéro-auxine (acide β indol-acétique, de Poulenc) dissoute à raison de 2^{mg} par centimètre cube dans de la lanoline, en

---

(¹) Voir bibliographie dans P. Boysen-Jensen, *Growth Hormones in Plants*, Trad. G. S. Avery and P. R. Burkholder, New-York et Londres, 1936.

(²) F. Laibach et collaborateurs, *Naturwissensch.*, 22, 1934, p. 288; *Ber. d. Deut. Bot. Ges.*, 53, 1935, p. 359; *ibid.*, p. 469.

(³) A. T. Czaja, *Ber. d. Deut. Bot. Ges.*, 53, 1935, p. 197; *ibid.*, p. 478.

(⁴) N. Cholodny, *Bull. Jard. Bot. Kieff*, 12-13, 1931, p. 89-96; K.-V. Thimann, *Proc. of the Nat. Acad. of Sc.*, 22, 1936, p. 511.

(⁵) P. Chouard et G. Teissier, *Comptes rendus*, 194, 1932, p. 1513 et 1976.

couche mince d'environ $0^{mm},5$ d'épaisseur sur l'extrémité apicale des cotylédons de la plantule de Melon. Les plantules âgées de 4 jours étaient placées à l'obscurité sur gélose à 26°C. Dans ces conditions, l'hétéro-auxine diffuse dans les cotylédons et elle est transportée dans l'hypocotyle longitudinalement, dans le sens même où les substances hormones de croissance diffusent elles-mêmes. Nous avons constaté d'abord le ralentissement de l'allongement de l'hypocotyle dans sa zone de croissance, puis, le 6e jour après l'application, un fort gonflement de cette zone. L'hypocotyle prend ainsi la forme d'une outre ou d'une poire, et arrive à mesurer $4^{mm},5$ de diamètre au lieu de $1^{mm},5$ dans les plantules témoins n'ayant reçu que de la lanoline pure.

Nous avons aussi essayé l'application semblable de lanoline avec hétéro-auxine sur les feuilles de plantules de Pois. Ici encore, un élargissement se produit dans l'entre-nœud situé immédiatement au-dessous, qui se renfle au lieu de s'allonger.

Nous avons constaté que les cellules du Melon (qui passaient normalement de la dimension de petits cubes de 40^{μ} environ de côté, à la forme de parallélépipèdes de 55^{μ} de large et 250^{μ} de long), devenaient, dans notre expérience, des cellules de 110^{μ} à 120^{μ} de large sur 180^{μ} à 200^{μ} de long, en moyenne, sans qu'aucune multiplication du nombre de cellules fut constatée.

Au contraire, chez la coléoptile d'avoine ou de maïs, nous avons observé que l'application d'hétéro-auxine dans la lanoline, soit sur le sommet de la coléoptile intacte, soit en anneau peu au-dessous de ce sommet, soit sur la surface de section de la coléoptile décapitée, ne faisait rien d'autre que d'exciter ou de restituer l'allongement des cellules dans le sens de l'axe de l'organe, sans aucun élargissement transversal.

Par conséquent, dans nos expériences, l'effet de l'hétéro-auxine ne dépend pas du sens dans lequel elle diffuse. *L'effet dépend de la nature des tissus stimulés ou de l'espèce de plante traitée.* La coléoptile d'avoine réagit par un allongement de ses cellules parallèlement à l'axe de quelque façon qu'elle reçoive l'auxine ou l'hétéro-auxine. Par contre, la tige du Pois, l'hypocotyle de Melon, qui subissent un allongement cellulaire par la diffusion des substances de croissance provenant des bourgeons ou des cotylédons, subissent au contraire un grandissement cellulaire dans toutes les dimensions, une véritable tubérisation, quand c'est de l'hétéro-auxine qui leur est délivrée, même si elle diffuse dans le sens normal et longitudinal du courant de sève.

BIOPHYSIQUE VÉGÉTALE. — *Sur le mécanisme de la mort cellulaire par les hautes pressions ; l'intensité et la durée des pressions léthales pour la levure.* Note [1] de M. **Basile Luyet**, présentée par M. Alexandre Guilliermond.

Cette Note résume les premiers résultats d'une série de recherches où nous nous sommes proposé de déterminer les courbes de mortalité des cellules de levure tuées par pression dans différentes conditions, et par ce moyen, d'analyser le mécanisme de la mort par compression.

La levure, *Sacharomyces cerevisiæ* (variété importée de Belgique et connue sous le nom de Levure Royale), nous était fournie fraîche chaque jour en comprimés sans amidon. Nous en faisions une suspension à 2 pour 100 dans de l'eau de robinet et placions cette suspension dans une chambre à compression consistant en une culasse d'acier de 3^{cm} de diamètre intérieur, fermée par un disque de caoutchouc qu'enfonçait un piston d'acier mû par une presse hydraulique. Pour éviter les bulles d'air au remplissage, nous enfoncions le disque de caoutchouc obliquement dans la culasse après y avoir introduit la culture, puis nous le tournions, à l'intérieur du liquide, perpendiculaire à l'axe de la culasse. Après compression, nous comptions sous le microscope les cellules qui prenaient le bleu de méthylène et que nous considérions comme tuées. La détente a toujours été brusque.

Les pressions que nous indiquons sont celles lues sur le manomètre de la presse hydraulique, multipliées par le rapport de la section du piston de la presse à celle du piston de la chambre à compression, et diminuées des effets de friction déterminés expérimentalement. Nous avons vérifié la graduation du manomètre à cadran de la presse avec un manomètre à poids.

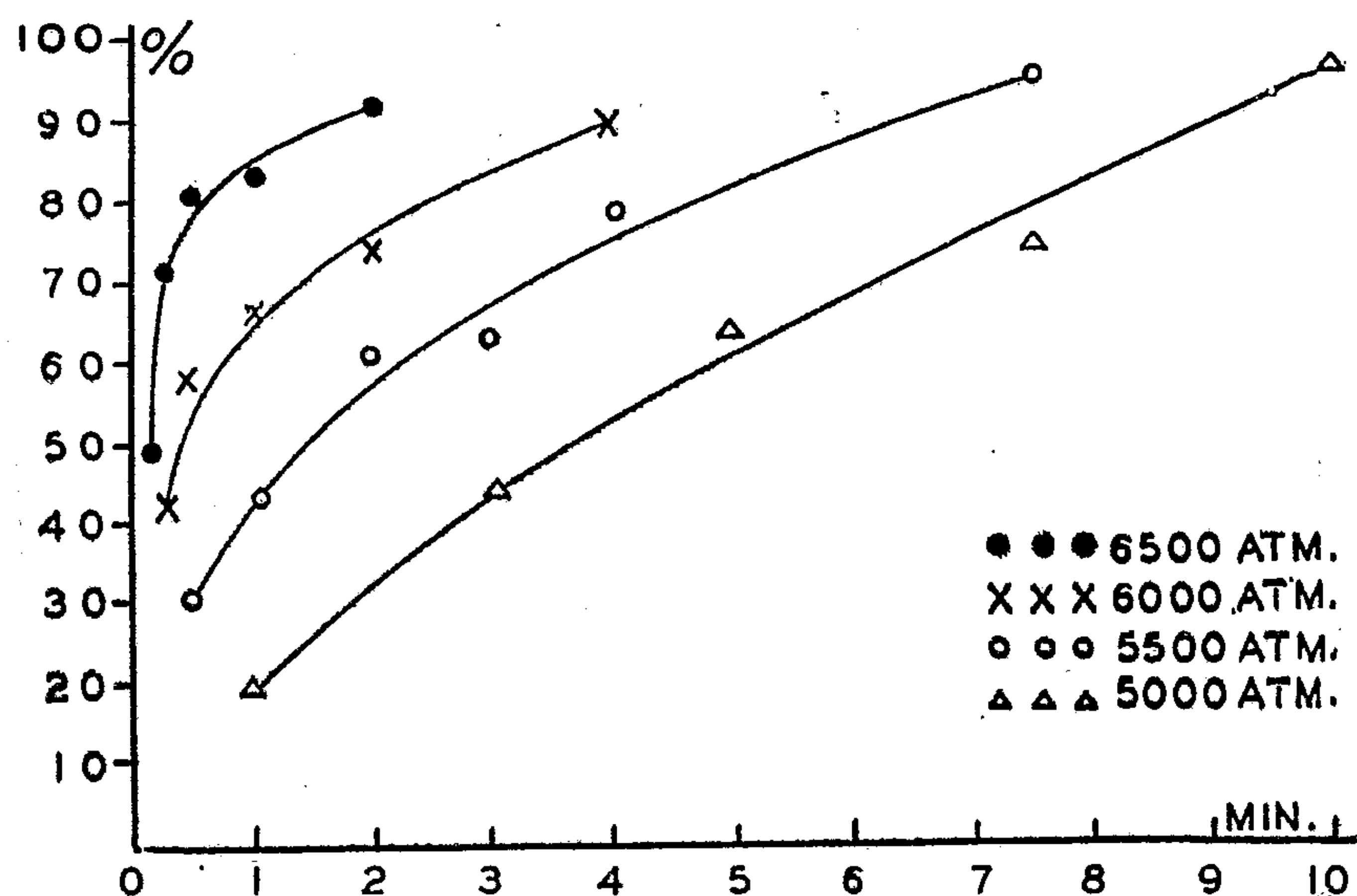
Le pourcentage de cellules tuées, en fonction de la durée de la compression exprimée en minutes, est porté sur le graphique. Chaque point représente une moyenne de 2000 cellules. La température était maintenue à environ 20°.

Les cellules ne meurent pas en masse à une pression donnée, mais l'action léthale s'étend graduellement de 4000^{atm} environ, où l'on

[1] Séance du 5 avril 1937.

commence à remarquer des cellules tuées en quelques minutes, à 7000^{atm}, où elles sont presque toutes tuées en quelques secondes. Il n'y a donc pas une pression léthale, mais une zone étendue de pressions léthales.

D'autre part la durée de la compression joue un rôle important. Une pression de 5000^{atm} pendant 4 minutes produit le même effet qu'une pression de 6000^{atm} pendant 30 secondes (50 pour 100 de cellules tuées). Une pression de 5000^{atm} tue environ 40 pour 100 des cellules en 3 minutes et 70 pour 100 en 6 minutes. L'inactivation des éléments vivants de la cellule



par la pression est donc un phénomène à vitesse relativement faible aux pressions voisines de 5000^{atm}.

Les derniers 10 pour 100 des cellules sont particulièrement difficiles à détruire. Ceci explique peut-être pourquoi Melsens ([2]), dans un travail déjà ancien, a obtenu de la fermentation avec de la levure sortant d'une bombe qui avait éclaté sous l'action du gel, et où la pression devait avoir atteint 8000^{atm} (?).

Pour les biométriciens une résistance élevée des dernières cellules vivantes, comme aussi une fragilité exceptionnelle des premières cellules détruites (fragilité indiquée ici par la rapide ascension de la courbe à 6500^{atm}), signifierait que la culture étudiée n'est pas pure. Nous n'avons pas vérifié cette possibilité.

([2]) *Comptes rendus*, 70, 1870, p. 629.

ZOOLOGIE. — *La chambre de fécondation de l'*Helix pomatia *et la présence de spermatozoïdes à son niveau.* Note de M. **Jean-Louis Perrot**, présentée par M. Maurice Caullery.

Dans un travail sur l'ovogenèse et la fécondation chez l'*Helix pomatia*, j'ai été amené à étudier en détail l'organe que Baudelot (1863) et les anatomistes en général appellent le *talon*, ce que J. Pérez (1873) nomme le *diverticule* et ce qui a été décrit sommairement par Meisenheimer (1907) comme *Befruchtungstasche*, ou chambre de fécondation.

C'est une poche allongée, dans laquelle aboutit, dans sa zone équatoriale, la portion étroite du canal hermaphrodite. Cette poche est flanquée, d'un côté ou de l'autre, par 2, 3 ou 4 cæcums qui, se détachant de sa base sous forme de canaux étroits, s'élargissent bientôt en poches secondaires et viennent coiffer la poche principale. L'épithélium de ces différentes poches est cilié. Fait suite à la chambre principale (poche de fécondation), un canal qui augmente bientôt de diamètre, en formant une ampoule godronnée (départ de l'ovispermiducte), dans laquelle débouche le conduit principal de la glande de l'albumen.

Tout cet appareil compliqué est doublé, contre son épithélium cilié, d'une mince couche musculaire, et le tout est enrobé de tissu conjonctif à grandes mailles, luî-même enfoui dans la glande de l'albumen.

Au moment de la ponte (juin-juillet), la poche principale est ovoïde, gonflée, avec un épithélium cilié plutôt aplati. Il existe pourtant longitudinalement une crête de cellules épithéliales élevées à ciliation puissante, qui doit jouer un rôle important dans la descente des produits génitaux. A cette époque, on trouve dans la poche des ovocytes en train d'être fécondés, au nombre de 25 à 30; ceci dans les phases initiales de la construction du nid.

En automne, en hiver et au printemps, la poche de fécondation présente des plis qui lui donnent l'aspect d'une fente élargie par endroits. L'épithélium cilié est formé de cellules élevées.

En hiver, en portant tout l'appareil dans une solution physiologique (Ringer), on met en branle, en quelques minutes, toute la ciliation de ses différentes parties. En somme, on détermine une activation des cils, phénomène qui doit se passer naturellement au moment de la maturité sexuelle.

On trouve, en tout temps, des spermatozoïdes en grand nombre dans le canal hermaphrodite de l'*Helix pomatia*. Ils proviennent de l'ovotestis, qui décharge en masse les éléments germinaux mâles, morphologiquement mûrs au moment de la reproduction, en juin-juillet. Il reste pourtant encore dans la glande sexuelle, après cette période, des cellules germinales mâles, qui évolueront, en été et même en automne, en spermatozoïdes. Ceux-ci descendent comme les autres dans le canal hermaphrodite et sont les éléments trouvés au sommet du canal, alors que les plus âgés sont dans la partie inférieure.

Au moment de la ponte, il n'y a pas de solution de continuité entre le sperme du canal hermaphrodite et celui de la chambre de fécondation. On peut affirmer sans hésitation que la très grande partie du sperme dans cette chambre provient du canal. Il peut y arriver de différentes façons : 1° grâce à des mouvements péristaltiques des parois du canal; 2° par le courant déterminé par la ciliation de l'épithélium; 3° entraînés par les ovocytes, lors de leur descente à travers le canal hermaphrodite; 4° grâce à leurs mouvements propres (?).

Il est plus que probable qu'au moment de la fécondation, il y a beaucoup plus de spermatozoïdes personnels que de spermatozoïdes étrangers dans la poche de fécondation. Ceux-ci, de l'avis même de Pérez (que l'on considère comme ayant démontré la montée du sperme étranger du canal du réceptacle à la région supérieure de l'ovispermiducte) doivent être en petit nombre, car 1° le spermatophore en contient relativement peu; 2° une grande proportion du sperme mis en liberté par la fonte du spermatophore s'engage dans le réceptacle séminal et y est détruit très rapidement.

Nous voyons donc que les spermatozoïdes qui entourent les ovocytes lors de la fécondation, sont en majeure partie personnels et que les éléments étrangers sont en infériorité numérique certaine.

Chez les *Helix pomatia* au moment de la fécondation, c'est-à-dire très peu avant la ponte, on rencontre toujours des spermatozoïdes dans les cæcums annexes et très souvent dans la région supérieure de l'ovispermiducte. Il est impossible de dire si ce sont là des spermatozoïdes étrangers ou personnels, ou un mélange des deux.

Chez les escargots examinés en automne et en hiver, alors que l'ovotestis contient des éléments germinaux bloqués aux stades présynaptiques et quelques spermatozoïdes libres dans les acini, on trouve toujours du sperme très dense dans le canal hermaphrodite. Dans la chambre de fécondation, on en trouve le plus souvent aussi, de même que dans les cæcums

annexes et plus bas dans les gouttières mâle et femelle de l'ovispermiducte, mais en moins grand nombre qu'en période de maturité sexuelle.

Nous pouvons ainsi conclure, d'après des observations qui ont porté sur des individus à toutes les périodes de l'année, qu'il y a, en toutes saisons, des spermatozoïdes en plus ou moins grand nombre dans la partie supérieure du tractus génital. Au moment de la ponte, les ovocytes sont donc entourés de sperme personnel, mélangé peut-être à du sperme étranger, impossible à différencier morphologiquement, en tout cas sur du matériel fixé, l'un de l'autre.

En automne, grâce à la descente constante de spermatozoïdes du canal dans la poche, et de là dans l'ovispermiducte, le sperme étranger qui aurait pu rester dans la partie supérieure du tractus génital, doit être balayé, si bien qu'à l'arrière saison déjà, on peut prétendre qu'il n'y a plus que des spermatozoïdes personnels dans cette région supérieure, à l'exclusion des éléments étrangers. Ce détail a son importance et permet d'interpréter certains faits relatifs à des pontes d'escargots isolés depuis plus d'un an (autofécondation).

PHYSIOLOGIE. — *Synergie de l'adrénaline et de l'hormone hypophysaire. Rôle de l'hormone hypophysaire dans le mécanisme de l'action glycogénolytique de l'adrénaline.* Note (¹) de M. **Léon Képinov**, présentée par M. Paul Portier.

Nous avons démontré (²) que le foie de grenouille longuement perfusé perd une substance nécessaire à l'adrénaline pour exercer une action glycogénolytique; un extrait fraîchement préparé de foie ou de muscles de grenouille normale restitue cette substance au foie lavé et rétablit l'action glycogénolytique de l'adrénaline.

Nous avons antérieurement émis l'hypothèse que la glycogénolyse hépatique nécessitait une action synergique de l'adrénaline et de l'hormone hypophysaire. Conformément à cette conception, nous avons étudié le rôle de l'hormone de l'hypophyse dans le mécanisme de l'action glycogénolytique de l'adrénaline. Dans ce but nous avons perfusé le foie de grenouilles normales ou hypophysectomisées et étudié l'influence de l'extrait

(¹) Séance du 12 avril 1937.

(²) L. Képinov, *Comptes rendus*, 204, 1937, p. 808; page 808, 13ᵉ ligne, *au lieu de* : termine, *lire* déclenche; 23ᵉ ligne, *lire* : une action directe *de cette hormone* seule.

de foie de grenouilles normales ou hypophysectomisées ainsi que celle de l'extrait de l'hypophyse elle-même sur l'action glycogénolytique de l'adrénaline lorsque cette action fait défaut.

Au cours de chaque expérience nous effectuons plusieurs injections de 1$^{cm^3}$ d'adrénaline en solution à 1 pour 1 000000. La première est faite 1 heure – 1 heure et demie après le début de la perfusion, dans la phase d'efficacité de l'adrénaline. Les suivantes sont pratiquées dans la phase d'inefficacité; dans ce cas, pendant les 10 minutes qui précèdent l'injection de l'adrénaline, nous remplaçons le liquide de perfusion Locke-Tyrode par une solution d'un extrait tissulaire. Au bout de 10 minutes de perfusion avec celui-ci nous injectons l'adrénaline et immédiatement après nous rétablissons la perfusion avec le liquide Locke-Tyrode; 11-12 minutes plus tard, nous recueillons, pour le dosage du glucose, 25$^{cm^3}$ du perfusat.

Voici les résultats obtenus :

I. Perfusion du foie des grenouilles normales. — *a. Extrait de foie de grenouille hypophysectomisée et action glycogénolityque de l'adrénaline.* — L'injection de l'adrénaline effectuée dans la phase d'efficacité détermine une augmentation du taux du glucose dans le perfusat; effectuée dans la phase d'inefficacité après avoir remplacé le liquide Locke-Tyrode par l'extrait de foie de grenouille hypophysectomisée, elle ne détermine pas de glycogénolyse; mais ensuite si l'adrénaline est injectée lorsque le foie est perfusé avec l'extrait de foie de grenouille normale, on observe cette fois-ci un effet glycogénolytique notable. L'extrait de foie de grenouille hypophysectomisée ne contient donc pas la substance susceptible de rendre efficace l'injection de l'adrénaline.

b. Influence de l'extrait hypophysaire sur l'action glycogénolytique de l'adrénaline. — Après une perfusion prolongée pendant 6-7 heures, et une injection inefficace d'adrénaline nous avons substitué au liquide Locke-Tyrode un extrait hypophysaire total et constaté que l'adrénaline détermine alors une glycogénolyse nette. Ces résultats indiquent que l'extrait hypophysaire rend efficace l'injection de l'adrénaline. Mais cet extrait n'exerce lui-même aucune action glycogénolytique directe dans le foie de grenouille.

II. Perfusion du foie de grenouilles hypophysectomisées. — *Inactivité de l'adrénaline. Influence de l'extrait de foie de grenouille normale ou hypophysectomisée et de l'extrait hypophysaire sur l'action glycogénolytique de l'adrénaline.* — L'adrénaline ne provoque jamais d'effet glycogénolytique dans le foie perfusé des grenouilles hypophysectomisées. Ces résultats confirment ceux que Fluch, Greiner et Loewi ont obtenus dans des conditions, en certains points, différentes.

On n'observe pas non plus d'effet glycogénolytique lorsqu'on injecte l'adrénaline pendant la perfusion du foie avec l'extrait de foie de grenouille hypophysectomisée. Mais si l'on remplace cet extrait par un extrait de foie de grenouille normale ou par des extraits hypophysaire total ou ante-hypophysaire, et si l'on répète l'injection de l'adrénaline, on obtient cette fois une augmentation du taux du glucose dans le perfusat.

Ces expériences montrent que, dans le cas de perfusion au Locke-Tyrode du foie des grenouilles hypophysectomisées, il n'existe pas de phase d'efficacité de l'adrénaline; mais l'effet glycogénolytique de l'adrénaline peut être déclenché soit par un extrait de foie de grenouille normale soit par un extrait hypophysaire.

En résumé, 1° l'extrait du foie de grenouille hypophysectomisée est dépourvu de la substance qui est nécessaire à l'adrénaline pour exercer une action glycogénolytique dans le foie lavé de grenouille normale ;

2° L'adrénaline ne produit jamais d'effet glycogénolytique dans le foie de grenouille hypophysectomisée perfusé avec le liquide Locke-Tyrode. Mais cet effet apparaît si le foie est perfusé soit avec un extrait du foie d'une grenouille normale, soit avec un extrait hypophysaire.

3° L'extrait hypophysaire seul, même à dose élevée, ne possède pas la propriété de déclencher un effet glycogénolytique dans le foie perfusé.

Conclusion. — L'ensemble de nos résultats permet de penser que la substance ôtée du foie par un lavage prolongé et restituée par un extrait hypophysaire ou par un extrait du foie normal est une substance d'origine hypophysaire. Cette hormone hypophysaire serait responsable de l'action glycogénolytique de l'adrénaline puisque, en son absence, cette action n'a pas lieu. Ainsi, l'adrénaline (au moins aux doses que nous avons employées) et l'extrait hypophysaire, ne produisent pas, *séparément*, d'effet glycogénolytique. Cet effet ne semble possible que lorsque les deux hormones agissent synergiquement.

PHYSIQUE PHYSIOLOGIQUE. — *Susceptibilité magnétique du sérum sanguin normal et pathologique*. Note de M. **R. Jonnard**, présentée par M. Paul Portier.

Poursuivant depuis quelques années un ensemble de recherches sur les propriétés physiques du sérum sanguin, il nous a été donné de recueillir un certain nombre de données concernant la susceptibilité magnétique,

sur des échantillons pour lesquels, par ailleurs, d'autres propriétés ont aussi été examinées.

Le dispositif expérimental est celui de Gouy, déjà employé par P. Pascal, et modifié de façon à pouvoir utiliser seulement $0^{cm^3},25$ de sérum. Les pesées ont été faites optiquement à 1/30e de milligramme près, à température constante.

Dans une première série d'expériences, nous avons déterminé la susceptibilité de 6 sérums humains provenant de sujets en bonne santé apparente. Les résultats sont compris entre $-6,39$ et $-7,9.10^{-7}$ à 20° C.; la susceptibilité est donc très voisine de celle de l'eau pure, ces deux liquides étant diamagnétiques. Nous pensons pouvoir prendre ces chiffres comme termes de comparaison. D'une part ils sont très voisins de ceux indiqués par Hisayuki Kudo ([1]), qui a trouvé comme limite inférieure $-6,30$. D'autre part sur ces mêmes sérums, la réfraction mesurée avec notre réfractomètre interférentiel ([2]) a été trouvée comprise entre les limites normales, ainsi que la stabilité définie comme nous l'avons proposé ([3]), très voisine de celle de 12 sérums normaux dont il sera fait état ailleurs.

A ces premiers résultats nous avons comparé ceux obtenus sur 14 sérums de cancéreux et 6 de cancéreux opérés depuis des laps de temps variables.

Cas.	Susceptibilité $\times(-10^7)$.	Cas.	Susceptibilité $\times(-10^7)$.
Cancéreux non opérés avant l'examen.			
1. Néo du maxillaire	6,22	8. Néo du foie	8,78
2. Néo de la clavicule	6,58	9. Néo du col utérin	6,10
3. Néo plante du pied	6,10	10. Néo de l'estomac	6,22
4. Néo corps utérin	6,34	11. Épithélioma des lèvres	5,80
5. Néo estomac	5,30	12. Néo des lèvres	6,20
6. Néo de la face	6,46	13. Néo du nez	6,22
7. Néo des seins	5,61	14. Néo du pied	5,90
Cancéreux opérés avant l'examen.			
15. Épithélioma des lèvres	7,42	18. Néo des lèvres	7,07
16. Néo du nez	7,56	19. Néo opéré, métatastases ?	8,66
17. Néo de la joue	7,45	20. Néo de la vulve puis décédé	5,97

([1]) *Acta med. scand.*, 81, 1934, p. 511.
([2]) *C. R. Soc. de Biol.*, 122, 1936, p. 396.
([3]) *C. R. Soc. de Biol.*, 121, 1936, p. 841; 122, 1936, p. 48.

On voit que la susceptibilité, très voisine de la normale chez les opérés, est généralement basse ou très basse chez les malades non traités. L'avenir renseignera sans doute sur la signification de ce fait. Mais dès maintenant il semble intéressant d'insister sur le cas n° 8, cancer du foie, pour qui la susceptibilité est plus grande que normalement, en valeur absolue. A titre d'hypothèse de travail nous avons pensé que cette élévation pouvait être due à la localisation particulière de la maladie. En effet, d'autres mesures nous ont donné les résultats suivants (4) :

a. Sérum hémolytique de cancéreux	$-8,50.10^{-7}$
b. Cirrhose grave	$-13,6$
c. Cirrhose grave	$-16,5$
Le même, 3 mois après en voie de guérison	$-7,6$

Enfin le cas 19 est relatif à un néoplasme opéré, mais le malade présente au cou de gros ganglions laissant supposer l'existence de métastases, qui peuvent être généralisées.

Nos recherches se poursuivent dans le but de déterminer avec précision les facteurs conditionnant ces variations de la susceptibilité magnétique du sérum sanguin.

MICROBIOLOGIE. — *Production par voie bactérienne, à partir de l'urée, d'une substance physiologiquement identifiable à l'histamine.* Note (1) de MM. **Marcel Lévy Bruhl**, **Georges Ungar** et Mlle **Alberte Levillain**, présentée par M. Charles Achard.

Le seul mode de formation de l'histamine connu jusqu'à présent paraît être la décarboxylation de l'histidine réalisée sous l'influence des hautes températures, de certaines radiations, et surtout d'agents microbiens. Nous nous sommes proposé de rechercher d'autres sources de cette substance, utilisant l'action de microorganismes, ce qui constitue, à cet égard, le facteur le mieux étudié. Des échantillons de bactéries dont le pouvoir histaminogène a été établi par divers auteurs, Pneumobacille [Berthelot et

(4) Au sujet de ces sérums, voir notre Communication avec M. F. Zuckerkandl, *C. R. Soc. Biol.*, 122, 1936, p. 1315.

(1) Séance du 12 avril 1937.

Bertrand ([2])], Colibacille [Mellanby et Twort ([3])] [Kœssler et Hanke ([4])], sont ensemencés dans des milieux synthétiques où la source unique d'azote est constituée par une série de composés, sels ammoniacaux, urée, acide urique, créatine.

Pour apprécier la production d'histamine à partir de ces divers corps azotés, nous avons employé la méthode biologique de la contraction de l'intestin isolé du Cobaye. Ce test a été proposé par Guggenheim et Loeffler ([5]) pour le dosage de l'histamine. L'un de nous ([6]) a tout récemment mis au point et publié des épreuves d'identification qui le rendent plus spécifique. L'utilisation d'une telle méthode nous impose néanmoins des réserves sur la nature exacte de la substance produite et seule l'identification chimique, que nous nous proposons de réaliser, nous apportera la certitude.

Nous nous limitons dans la présente Note à l'exposé de recherches concernant la formation d'un corps histaminique dans un milieu dont *l'urée* constitue le seul composé azoté.

En voici la composition (pour 1^l d'eau bi-distillée) :

Urée	3^g
Glucose	5
PO^4HK^2	1
ClNa	5
SO^4Mg	0,2

Cette solution était amenée au pH 7,5 par addition d'un peu de soude, répartie en petites fioles d'Erlenmeyer et stérilisée à l'autoclave 15 minutes à 110°. Les souches bactériennes éprouvées ont été les trois échantillons suivants :

Bacille n° 2. — Pneumobacille typique provenant d'une infection urinaire et conservé depuis deux ans dans notre collection-Germe très muqueux, non indologène, épreuves de Koser et de Voges-Proskauer positives.

Bacille G. — Pneumobacille présentant les mêmes caractères, tout récemment isolé dans un cas de septicémie mortelle.

Bacille 4251. — Colibacille à type muqueux.

([2]) *Comptes rendus*, 154, 1912, p. 1826.

([3]) *J. of Physiology*, 45, 1912, p. 53.

([4]) *J. of Biol. Chem.*, 39, 1919, p. 539.

([5]) *Bioch. Ztschrift*, 72, 1916, p. 303.

([6]) G. Ungar, J.-L. Parrot et A. Pocoulé, *C. R. Soc. Biol.*, 124, séance du 10 avril 1937.

Avant l'ensemencement, les milieux sont testés sur l'intestin isolé du Cobaye et se révèlent complètement inactifs. Les cultures sont portées ensuite à l'étuve à 37° et des prélèvements sont effectués au bout de trois jours et de sept jours, en vue de la détermination de leur teneur en substance active. Dès le troisième jour, on constate l'apparition d'une petite quantité d'histamine : en moyenne, $0^{\gamma},5$ par centimètre cube. Au bout de sept jours la quantité est plus considérable, atteignant 2^{γ} par centimètre cube. La souche de Colibacille éprouvée semble en produire moins que les deux échantillons de Pneumobacille. Néanmoins une étude quantitative devra tenir compte d'un certain nombre de facteurs, en particulier du taux de la multiplication microbienne.

Nous nous bornons aujourd'hui à signaler le fait, que nous croyons tout à fait nouveau, d'une substance pharmacologiquement identique à l'histamine formée sous l'influence de certains agents microbiens dans un milieu où l'urée constitue l'unique source d'azote. Des recherches en cours visent à préciser quels sont les microorganismes qui réalisent cette production et à élucider la nature des réactions chimiques qui entrent en jeu ainsi que le mécanisme de cette synthèse.

M. **Th. Navel** adresse un Mémoire intitulé *Les jeux magiques* (1), qui contient la classification des 7040 carrés magiques que l'on peut former avec les 16 premiers nombres entiers, et l'indication des procédés permettant d'obtenir tous les carrés de chacune des classes de carrés qu'il considère. L'auteur examine en outre d'autres *jeux magiques*.

A 15h35m l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à 16h.

E. P.

(1) Séance du 5 avril 1937.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 26 AVRIL 1937.

PRÉSIDENCE DE M. EMMANUEL LECLAINCHE.

NOMINATIONS.

M. **M. Javillier** est désigné pour représenter l'Académie au *Congrès de l'Hygiène et de la Science du lait*, qui se tiendra du 21 au 24 juin 1937, à l'Exposition internationale de Paris.

ÉLECTIONS.

M. **Maurice Roy** est élu Correspondant pour la Section de Mécanique par 34 suffrages contre 5 à M. *Jean Le Roux* et 1 à M. *Robert d'Adhémar*.

CORRESPONDANCE.

M. le **Ministre de l'Éducation Nationale** invite l'Académie à lui présenter une liste de deux ou trois candidats à la Chaire d'*Électricité industrielle* vacante au Conservatoire national des Arts et Métiers.

(Renvoi à la Section de Physique générale.)

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

Bijdragen tot de oudere Koloniale geschiedenis van het eiland Formosa, door Frans R. J. Verhoeven.

TOPOLOGIE. — *Sur l'enlacement faible.* Note de M. **Samuel Eilenberg**, présentée par M. Jacques Hadamard.

Définition 1. — Deux cycles (polygonaux, à coefficients entiers) 1-dimensionnels γ_1 et γ_2 de l'espace euclidien à trois dimensions R_3 sont *faiblement enlacés*, lorsqu'on a $P_1 . P_2 \neq 0$ pour tout couple de polyèdres $P_1 \subset R_3$ et $P_2 \subset R_3$ tels que $\gamma_i \approx 0$ dans P_i $(i = 1, 2)$, l'homologie $\approx$ étant entendue avec division.

Définition 2. — Deux tores ouverts (c'est-à-dire ensembles homéomorphes au produit cartésien de la circonférence et du cercle ouvert) $C_1 \subset R_3$ et $C_2 \subset R_3$, dont les fermetures sont disjointes, sont *faiblement enlacés*, lorsque tout couple de cycles γ_i de C_i tels que γ_i *non* ≈ 0 dans C_i $(i = 1, 2)$ est faiblement enlacé.

Soient $L_1 \subset R_3$ et $L_2 \subset R_3$ deux lignes polygonales, fermées, sans points doubles, disjointes. Désignons par C_i^ε l'ensemble des points de R_3 dont la distance à L_i est $< \varepsilon$. On peut attacher à L_1 et L_2 un nombre $\varepsilon_0 > 0$ tel que : 1° si $0 < \varepsilon < \varepsilon_0$, C_1 et C_2^ε sont des tores ouverts dont les fermetures sont disjointes; 2° si $0 < \varepsilon_2 < \varepsilon_1 < \varepsilon_0$, il existe une homéomorphie transformant R_3 en R_3, $C_i^{\varepsilon_1}$ en $C_i^{\varepsilon_2}$ et par l'identité L_i en L_i $(i = 1, 2)$.

Définition 3. — L_1 et L_2 sont *faiblement enlacés*, lorsque les tores C_1^ε et C_2^ε sont faiblement enlacés pour $\varepsilon < \varepsilon_0$.

Théorème I. — *Les propriétés suivantes sont équivalentes :*

α. L_1 *et* L_2 *sont faiblement enlacés;*

β. *Pour toute décomposition de* $R_3 - L_1 - L_2$ *en deux ensembles* $R_3 - L_1 - L_2 = X_1 + X_2$, *connexes et fermés (relativement à* $R_3 - L_1 - L_2$) *l'ensemble* $X_1 X_2$ *admet deux composantes au plus;*

γ. *Le groupe fondamental* $\pi_1(R_3 - L_1 - L_2)$ *n'admet aucune transformation homomorphe en* $\mathfrak{F}_2$ (= *groupe libre à deux générateurs);*

δ. *Il existe une transformation essentielle de* $R_3 - L_1 - L_2$ *en surface du tore c'est-à-dire en produit cartésien de deux circonférences.*

Soient γ_1 et γ_2 les cycles qu'on peut attacher (à $\pm$ près) aux polygones L_1 et L_2. Examinons les propositions suivantes :

a. γ_1 et γ_2 sont enlacés (dans le sens ordinaire d'homologie);

b. L_1 et L_2 sont faiblement enlacés (Déf. 3);

c. γ_1 et γ_2 sont faiblement enlacés (Déf. 1).

On a évidemment $(a) \rightarrow (b) \rightarrow (c)$. Nous ignorons si $(c) \rightarrow (b)$. Or, on peut montrer que (b) *non* $\rightarrow (a)$, à savoir par l'exemple de deux courbes,

page 417, figure 32 du livre *Topologie*, I de MM. P. Alexandroff et H. Hopf (Berlin, 1935); cf. le même exemple page 13, figure 16 du livre *Knotentheorie* de M. K. Reidemeister (Berlin, 1932). En désignant ces courbes par L_1 et L_2, la proposition (*a*) est manifestement fausse, et la validité de (*b*) s'obtient en calculant que le groupe fondamental $\pi_1(R_3 - L_1 - L_2)$ est donné (dans ce cas particulier) par deux générateurs et une relation définissante et en appliquant le

Théorème II. — *Si le groupe fondamental* π_1 *de* $R_3 - L_1 - L_2$ *est engendré par deux générateurs* A *et* B, *l'enlacement faible de* L_1 *et de* L_2 *équivaut à l'existence, dans* π_1, *d'une relation (non triviale)* $R(A, B) = 1$.

Remarquons enfin que, pour tout couple L_1 et L_2, la proposition (*c*) équivaut à :

(*c'*). Tout polyèdre $P \subset R_3$ tel que $\gamma_1 \approx 0$ dans P contient un cycle γ_3 enlacé avec γ_2 (dans le sens ordinaire d'homologie).

Les définitions 1 et 2 et la démonstration d'une partie du théorème I (énoncé pour les tores ouverts) se trouvent dans mon mémoire *Sur les espaces multicohérents*, I ([1]). Le reste des résultats ci-dessus figurera dans la seconde partie de ce mémoire (à paraître prochainement).

THÉORIE DES ESPACES GÉNÉRALISÉS. — *Sur la géométrie d'une équation différentielle du troisième ordre.* Note de M. **Shiing-shen Chern**, présentée par M. Elie Cartan.

Donnons-nous une équation différentielle du troisième ordre

$$y''' = F(x, y, y', y''). \tag{1}$$

Nous nous proposons à étudier ses propriétés géométriques par rapport au groupe de transformations de contact du plan, en employant la méthode d'équivalence de M. E. Cartan ([2]). D'après cette méthode, nous introduisons quatre expressions de Pfaff covariantes, à savoir :

$$\left\{\begin{aligned} \omega_1 &= \alpha\{dy'' - F\,dx + \beta(dy - y'\,dx) + \gamma(dy' - y''\,dx)\},\\ \omega_2 &= \lambda(dy - y'\,dx),\\ \omega_3 &= \mu\{dy' - y''\,dx + \nu(dy - y'\,dx)\},\\ \omega_4 &= u\{dx + v(dy - y'\,dx) + w(dy' - y''\,dx)\},\end{aligned}\right. \tag{2}$$

où les α, β, γ, λ, μ, ν, u, v, w sont neuf variables auxiliaires nouvelles.

([1]) *Fund. Math.*, 27, 1936, p. 169-171.

([2]) *Ann. Éc. Norm.*, 25, 1908, Chap. I, p. 57.

En appliquant la méthode, on trouve qu'il y a un invariant relatif qui joue un rôle important. Son expression est

$$I = -\frac{\partial F}{\partial y} - \frac{1}{3}\frac{\partial F}{\partial y'}\frac{\partial F}{\partial y''} - \frac{2}{27}\left(\frac{\partial F}{\partial y''}\right)^3 + \frac{1}{2}\frac{d}{dx}\frac{\partial F}{\partial y'} + \frac{1}{3}\frac{\partial F}{\partial y''}\frac{d}{dx}\frac{\partial F}{\partial y''} - \frac{1}{6}\frac{d^2}{dx^2}\frac{\partial F}{\partial y''},$$

en posant, Φ étant une fonction quelconque de x, y, y', y'',

$$\frac{d\Phi}{dx} = \frac{\partial\Phi}{\partial x} + y'\frac{\partial\Phi}{\partial y} + y''\frac{\partial\Phi}{\partial y'} + F\frac{\partial\Phi}{\partial y''}.$$

La condition $I = 0$ *est la condition nécessaire et suffisante pour que la condition de contact de deux courbes intégrales infiniment voisines de l'équation* (1) *soit donnée par une équation de Monge du second ordre.*

Dans le cas $I = 0$, l'espace généralisé qu'on définit a les équations de structure suivantes :

$$(3)\quad \left\{\begin{aligned}
\omega'_1 &= [\varpi_1\omega_1] + [\varpi_2\omega_3],\\
\omega'_2 &= [\varpi_1\omega_2] + 2[\varpi_3\omega_2] - [\omega_3\omega_4],\\
\omega'_3 &= [\varpi_2\omega_2] + [\varpi_1\omega_3] + [\varpi_3\omega_3] - [\omega_1\omega_4],\\
\omega'_4 &= [\varpi_4\omega_2] + [\varpi_5\omega_3] + [\varpi_3\omega_4],\\
\varpi'_1 &= [\varpi_2\omega_4] + 2[\varpi_5\omega_1] + [\varpi_4\omega_3],\\
\varpi'_2 &= [\varpi_2\varpi_3] + [\varpi_4\omega_1] + [\varpi_6\omega_3],\\
\varpi'_3 &= -[\varpi_2\omega_4] - [\varpi_5\omega_1] + [\varpi_6\omega_2],\\
\varpi'_4 &= -[\varpi_1\varpi_4] - [\varpi_2\varpi_5] - [\varpi_3\varpi_4] + [\varpi_6\omega_4] + e[\omega_2\omega_3] - c[\omega_3\omega_1] - 2a[\omega_1\omega_2],\\
\varpi'_5 &= -[\varpi_1\varpi_5] + [\varpi_4\omega_4] + a[\omega_2\omega_3] + b[\omega_3\omega_1] + c[\omega_1\omega_2],\\
\varpi'_6 &= -[\varpi_1\varpi_6] - [\varpi_2\varpi_4] - 2[\varpi_3\varpi_6] + f[\omega_2\omega_3] + a[\omega_3\omega_1] - e[\omega_1\omega_2].
\end{aligned}\right.$$

C'est un espace généralisé dont les éléments sont les courbes intégrales de l'équation (1). Regardant ces courbes intégrales comme les points d'un espace à trois dimensions, *cet espace généralisé est un espace à connexion conforme normale.* Les cônes des directions isotropes de la connexion (3) sont donnés par la condition de contact de deux courbes intégrales infiniment voisines. Rappelons qu'en partant de cette famille de cônes on peut définir, d'une manière intrinsèque, une connexion conforme normale. Cette connexion est nécessairement la connexion (3).

Dans le cas général où $I \neq 0$, on définit une géométrie généralisée dont les équations de structure sont

$$(4)\quad \left\{\begin{aligned}
\omega'_1 &= [\varpi\,\omega_1] + [\omega_2\omega_4] + a[\omega_2\omega_3] + b[\omega_3\omega_4],\\
\omega'_2 &= [\varpi\,\omega_2] - [\omega_3\omega_4] + c[\omega_2\omega_3],\\
\omega'_3 &= [\varpi\,\omega_3] - [\omega_1\omega_4] + e[\omega_1\omega_2] + f[\omega_2\omega_3] + b[\omega_2\omega_4],\\
\omega'_4 &= g[\omega_1\omega_2] + h[\omega_1\omega_3] + k[\omega_2\omega_3] + l[\omega_2\omega_4],\\
\varpi' &= m[\omega_1\omega_2] + n[\omega_1\omega_3] + p[\omega_1\omega_4] + q[\omega_2\omega_3] + r[\omega_2\omega_4] + s[\omega_3\omega_4],
\end{aligned}\right.$$

avec les relations

$$p = e = -\frac{1}{2}c, \qquad r = a + \frac{1}{2}bc.$$

Cet espace généralisé est fondé sur les éléments de contact du second ordre, x, y, y', y'', et il a comme groupe fondamental un certain groupe à cinq paramètres.

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Sur les zéros de quelques classes de polynomes.* Note [1] de M. **Nikola Obrechkoff**, présentée par M. Émile Borel.

J'ai démontré [2] quelques théorèmes pour les zéros des sommes partielles du développement de certaines fonctions en généralisant ainsi un théorème de Laguerre. Dans cette Note je donne des résultats nouveaux. Considérons la fonction

$$(1) \qquad f(x) = \left(1 - \frac{x}{\alpha_1}\right)^{\nu_1} \left(1 - \frac{x}{\alpha_2}\right)^{\nu_2} \cdots \left(1 - \frac{x}{\alpha_m}\right)^{\nu_m} = c_0 + c_1 x + c_2 x^2 + \ldots,$$

où $\alpha_1, \alpha_2, \ldots, \alpha_m$ sont des nombres positifs rangés par ordre de grandeur croissante; $\nu_1, \nu_2, \ldots, \nu_m$ des nombres réels plus grands que -1. Nous avons le théorème suivant :

1. *Supposons que les nombres* $[\nu_1 + \nu_2 + \ldots + \nu_s]$, $1 \leqq s \leqq m$ *soient en même temps pairs ou impairs. On introduit* $[\nu_1 + \nu_2 + \ldots + \nu_s]$ *pour le cas où* $(\nu_1 + \ldots + \nu_s)$ *n'est pas entier.*

Le polynome

$$(2) \qquad P_{p,n}(x) = c_p + c_{p+1} x + \ldots + c_{p+n} x^n$$

a au plus un zéro réel si $p > \nu$, $\nu = \nu_1 + \nu_2 + \ldots + \nu_m$.

De plus, le polynome $P_{p,n}(x)$, pour n pair, n'a pas de zéros dans les secteurs

$$-\frac{\pi}{n+1} \leqq \arg x \leqq \frac{\pi}{n+1}, \qquad -\pi\frac{\pi}{n+1} \leqq \arg x \leqq \pi + \frac{\pi}{n+1},$$

et, pour n impair, dans le secteur

$$-\frac{\pi}{n+1} \leqq \arg x \leqq \frac{\pi}{n+1}.$$

---

(1) Séance du 15 mars 1937.

(2) *Sur un théorème de Laguerre* (*Comptes rendus*, 203, 1936, p. 760).

Soit

$$\lambda(x) = \lambda_0 + \lambda_1 x + \ldots + \lambda_n x^n$$

un polynome réel qui conserve son signe pour chaque x réel, n étant pair. Le polynome

$$Q_{p,n}(x) = \lambda_0 c_p + \lambda_1 c_{p+1} x + \ldots + \lambda_n c_{p+n} x^n \qquad (p > \nu)$$

n'a pas de zéros réels. Si, dans le cas de n impair, le polynome $\lambda'(x)$ ne change pas de signe, $Q_{p,n}(x)$ a seulement un zéro réel.

Soit $h(x)$ un polynome réel

$$h(x) = h_0 + h_1 + \ldots + h_n - h_0 x - h_1 x^2 - \ldots - h_n x^{n+1},$$

tel que le polynome $h(x)/1 - x = H(x)$ ne change pas de signe pour $-\infty < x < \infty$.

Alors le polynome

$$U_{p,n}(x) = h_0 P_{p,0}(x) + h_1 P_{p,1}(x) + \ldots + h_n P_{p,n}(x) \qquad (p > \nu),$$

pour n pair, n'a pas de zéros réels. Si $H'(x)$ ne change pas son signe $-\infty < x < \infty$, pour n impair, ce polynome a seulement un zéro réel.

Par exemple, le polynome

$$c_\nu + \frac{c_{\nu+1}}{1!} x + \frac{c_{\nu+2}}{2!} x^2 + \ldots + \frac{c_{\nu+n}}{n!} x^n \qquad (p > \mu + \nu)$$

a au plus un zéro réel.

2. Considérons maintenant la fonction

$$f(x) = \left(1 - \frac{x}{\alpha_1}\right)^{\nu_1} \cdots \left(1 - \frac{x}{\alpha_m}\right)^{\nu_m} \left(1 - \frac{x}{\beta_1}\right)^{\mu_1} \cdots \left(1 - \frac{x}{\beta_q}\right)^{\mu_q} = c_0 + c_1 + c_2 x^2 + \ldots,$$

$$\mu = \mu_1 + \ldots + \mu_q, \qquad \nu = \nu_1 + \ldots + \nu_m,$$

où $\alpha_1, \alpha_2, \ldots, \alpha_m$ sont des nombres positifs rangés par ordre de grandeur croissante; $\beta_q, \beta_{q-1}, \ldots, \beta_1$ sont des nombres négatifs rangés de la même manière, et $\nu_1, \nu_2, \ldots, \nu_m$; $\mu_1, \ldots, \mu_q$ des nombres réels plus grands que -1. Nous avons ce théorème :

Supposons que les nombres

$$[\nu_1 + \ldots + \nu_s], \quad [\mu_1 + \ldots + \mu_\tau],$$

pour $\sum_s^1 \nu_i$ ou $\sum_\tau^1 \mu_i$ non entier, $s = 1, 2, \ldots, m$; $\tau = 1, 2, \ldots, q$ soient en même temps pairs ou impairs. Le polynome

$$P_{p,n}(x) = c_p + c_{p+1} x + \ldots + c_{p+n} x^n \qquad (p > \mu + \nu),$$

pour $(p+n)$ pair, a au plus un zéro réel. Si les nombres

$$1+[\nu_1+\ldots+\nu_s], \quad [\mu_1+\ldots+\mu_r]$$

sont en même temps pairs ou impairs, le polynome $P_{p,n}(x)$, pour $(p+n)$ impair, a au plus un zéro réel.

On a encore ce théorème :

Si les nombres

$$1+[\nu_1+\ldots+\nu_s], \quad [\mu_1+\ldots+\mu_\tau] \qquad (s=1, 2, \ldots, m;\ \tau=1, 2, \ldots, q)$$

sont tous pairs ou impairs, la fonction

$$R_n(x)=f(x)-(c_0+c_1x+\ldots+(c_{n-1}x^{n-1}),$$

pour n pair, est différente de zéro dans tout le plan coupé par la coupure $-\infty<x<\infty$. Si les nombres

$$[\nu_1+\ldots+\nu_s], \quad [\mu_1+\ldots+\mu_\tau]$$

sont en même temps pairs ou impairs, la fonction $R_n(x)$, pour n impair, est différente de zéro dans le même domaine.

MÉCANIQUE PHYSIQUE. — *Nouveaux alliages du type élinvar susceptibles de durcissement structural.* Note ([1]) de MM. **Pierre Chevenard, Louis Huguenin, Xavier Waché** et **Albert Villachon**, présentée par M. Léon Guillet.

Comme l'a prévu M. Ch.-Ed. Guillaume, il est possible d'agir sur l'anomalie d'élasticité des ferronickels par des additions entrant en solution solide : chrome, aluminium, molybdène, etc., de manière à rendre insensible la variation thermique des modules dans un large intervalle de température autour de l'ambiante. Ainsi la courbe *module de Coulomb-température*, d'un alliage à 34 pour 100 Ni et 12 pour 100 Cr, se confond sensiblement avec l'axe des abscisses entre $-75°$ et $+75°$.

Mais ce ferronickel chromé à élasticité invariable est d'une valeur médiocre en chronométrie. Les spiraux obtenus sont trop mous pour être manipulés sans dommage lors du montage ou de la réparation des montres; ils sont aussi trop peu cassants pour se rompre par un pliage à angle droit exercé à la brucelle, pratique universellement employée par les régleurs

([1]) Séance du 19 avril 1937.

pour enlever l'excédent de longueur des spiraux. Ces défauts ont été partiellement corrigés par des additions de carbone et de tungstène, qui donnent un agrégat *austénite-carbure* plus dur et plus fragile que la solution solide fer-nickel-chrome. L'alliage ainsi réalisé est l'*élinvar Guillaume* (²).

Les spiraux d'élinvar sont largement utilisés en chronométrie car, associés à de simples balanciers massifs, ils assurent une compensation thermique excellente. Ils sont cependant plus mous que les spiraux d'acier au carbone qui, pour cette raison, leur sont parfois préférés pour des fabrications en grande série, malgré la nécessité de les associer aux balanciers compensateurs à bilames. Il y a donc grand intérêt à relever la limite élastique de l'élinvar.

Ce problème fut abordé dès qu'apparut la possibilité de durcir les ferronickels réversibles par traitement structural (³). Les difficultés nombreuses tiennent à trois causes principales :

a. Tout alliage apte au durcissement structural est formé d'un agrégat dont les constituants se dissolvent par chauffage, demeurent en solution par l'effet d'une hypertrempe, puis se séparent sous l'action d'un revenu. Or, dans le cas des ferronickels à deux constituants, la mise en solution et la précipitation ont une influence considérable sur le coefficient thermo-élastique. De plus, la précipitation détermine une *hétérogénéité secondaire* de la matrice austénitique, hétérogénéité qui perturbe l'allure de la courbe *module-température* et accroît le frottement interne du métal. Enfin, l'alliage partiellement hypertrempé est sujet à des variations séculaires d'instabilité; c'est pourquoi le revenu durcissant doit correspondre à une précipitation aussi complète que possible, tant pour assurer la stabilité que pour diminuer le frottement interne.

b. Un spiral occupe un très petit volume comparé à un grain de première consolidation de l'alliage. L'hétérogénéité primaire, ou plutôt ce qu'il en reste après traitement d'homogénéisation, nuit donc à la régularité d'un lot de spiraux et même à l'uniformité des propriétés le long d'un même spiral.

c. Il est facile de recuire ou d'hypertremper l'alliage entre les passes de tréfilage. Mais une fois le ruban du spiral laminé et rectifié, on ne peut pratiquement lui imposer qu'une seule opération thermique (mis à part un

---

(²) *Comptes rendus*, **171**, 1920, p. 83.

(³) *Comptes rendus*, **189**, 1929, p. 846

étuvage à basse température du spiral fini). Cette opération, le *revenu de fixage* en barillet, doit donc assurer à la fois le durcissement, la diminution du frottement interne et la stabilité de l'alliage, le fixage du spiral sans adhérence des spires et l'ajustement du coefficient thermoélastique. Cet ajustement doit être tel que la courbe *module-température* soit quasi linéaire dans le domaine d'emploi des chronomètres, de manière à éliminer l'*erreur secondaire*.

Toutes ces propriétés ont été étudiées au laboratoire d'Imphy : la précipitation des constituants et l'apparition de l'hétérogénéité par l'analyse thermomagnétique, le durcissement par les essais microméeaniques, le frottement interne et le coefficient thermoélastique par la méthode du pendule de torsion, la stabilité par la méthode dilatométrique, le fixage par un essai de relaxation simplifié. En même temps des essais pratiques sur chronomètres d'expériences ont été poursuivis par MM. Defossez et Hofer. Ces travaux ont conduit à deux solutions industrielles du problème :

1° Durcissement par précipitation de carbure dans des alliages du type élinvar Guillaume, renfermant des additions complémentaires : vanadium, molybdène, titane, etc.

2° Utilisation du complexe *aluminium-titane* déjà utilisé pour réaliser des austénites tenaces à chaud et susceptibles de durcissement structural ([1]). Cette deuxième solution, plus délicate que la première, conduit à des limites élastiques plus élevées.

Pour prendre un exemple, un alliage à 40 pour 100 Ni, 2 pour 100 Al et 2 pour 100 Ti, hypertrempé avant tréfilage, puis revenu quelques heures entre 600° et 650°, accuse une limite élastique de 140 kg/mm², propriété mesurée sur microéprouvette de $1^{mm},5$ de diamètre. Le revenu fait précipiter un constituant dur, formé à partir du nickel, de l'aluminium et du titane, et cette précipitation est à peu près complète, comme le prouvent la position du point de Curie et la mesure du frottement interne. Le même traitement appliqué au spiral enroulé en barillet assure le fixage; il confère au ruban une limite élastique qui, appréciée par un essai de flexion, est voisine de celle des spiraux d'acier. Enfin le spiral obtenu, associé à un balancier massif de laiton, donne au chronomètre d'expérience un écart thermique de quelques dixièmes de seconde seulement par degré et par jour.

([1]) *Chaleur et Industrie*, 17, 1936, p. 125.

ÉLECTRICITÉ. — *Sur les constantes diélectriques du cyclohexane et du benzène.* Note (¹) de Mlle **Jacqueline Hadamard**, présentée par M. Paul Langevin.

Le montage employé (²) est une modification du pont de Nernst et permet de mesurer les constantes diélectriques des semi-conducteurs, en valeur absolue, avec une précision de 1/1000e.

Nous avons voulu commencer par une révision des isolants, pour lesquels les mesures ont presque toujours été faites en valeur relative, et sont très divergentes.

Les corps employés sont de provenances diverses (fournis par le Bureau des étalons physicochimiques de Bruxelles, par M. Auger ou préparés par moi-même) et ont donné une concordance complète dans les mesures, dans la limite de précision déjà signalée.

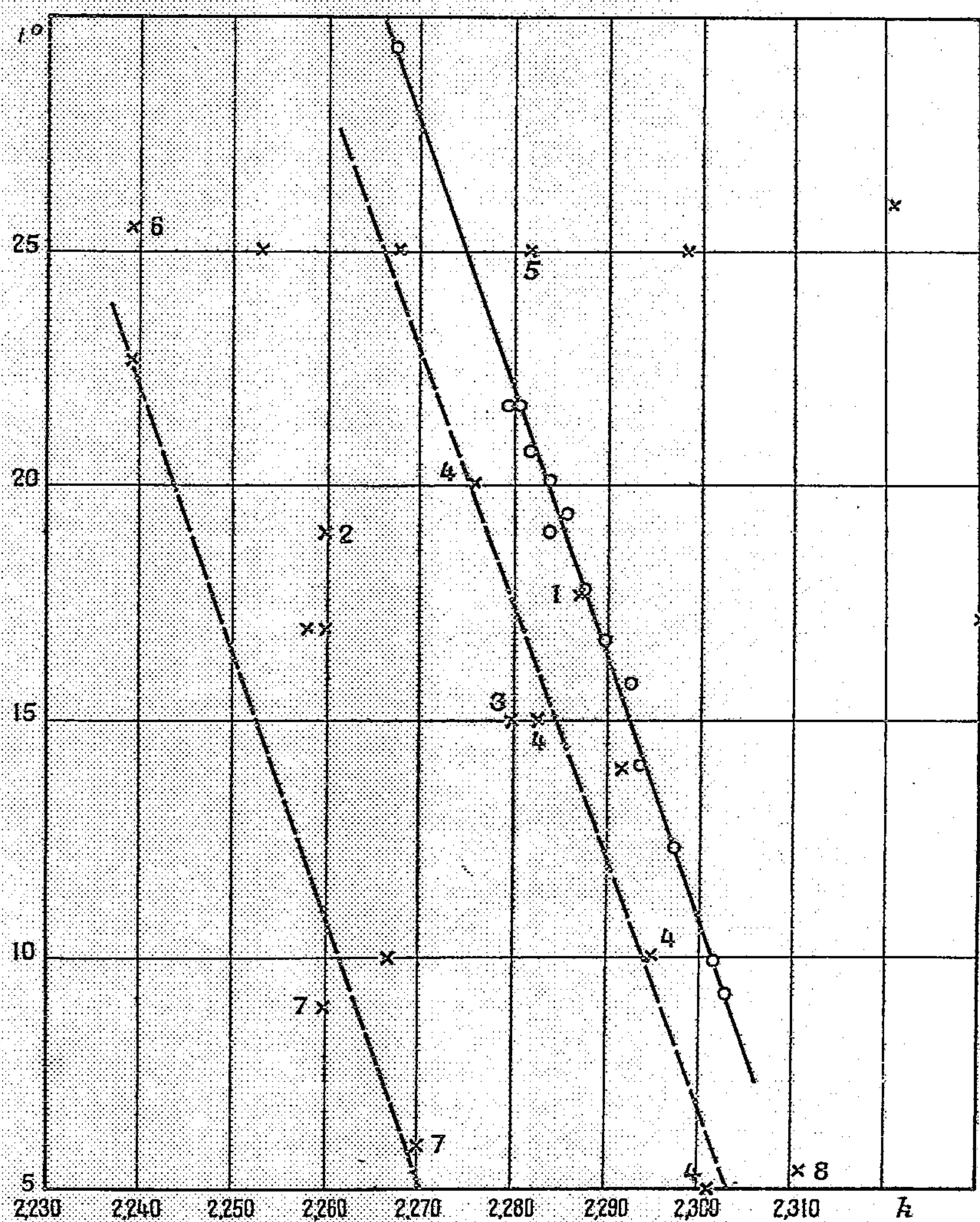
t.	*k.*	*t.*	*k.*	*t.*	*k.*
		Benzène.			
9°,2....	2,306	19°,4....	2,286	31°,1....	2,263
9,9....	2,304	20,1....	2,284	32,5....	2,261
12,3....	2,2975	20,8....	2,282	33,2....	2,259
14,1....	2,294	21,7....	2,281	34,5....	2,258
15,8....	2,293	21,7....	2,279	34,9....	2,256
16,7....	2,290	29,3....	2,2675	35,8....	2,255
17,8....	2,288	30,3....	2,266	40,3....	2,247
19,1....	2,284				
		Cyclohexane.			
6,2....	2,044	15,4....	2,030	34,8....	2,0015
6,4....	2,044	16,75...	2,028	36,9....	1,996
6,6....	2,044	17,35...	2,027	36,9....	1,9965
6,8....	2,044	18,7....	2,025	37,3....	1,996
7,15...	2,0435	23,3....	2,0175	37,3....	1,996
7,6....	2,0425	28,1....	2,010	38,15...	1,9945
14,7....	2,031	31,5....	2,005		

Les premiers nombres sont relatifs à la période de surfusion.

(¹) Séance du 12 avril 1937.

(²) *Comptes rendus*, 194, 1932, p. 1799.

La figure ci-dessous contient les différents résultats obtenus par les divers auteurs pour le benzène. Les valeurs obtenues par MM. Turner et Errera se placent exactement sur la ligne qui représente nos mesures.



(1) Turner, (2) Drude, (3) Kerr, (4) Graffunder, (5) William et Krishna, (6) Sayce et Briscoe, (7) Meyer, (8) Errera.

IONISATION. — *Sur la nature et l'origine des gros ions dans l'atmosphère.* Note (¹) de M. GEORGES NADJAKOFF, présentée par M. Paul Langevin.

Après la découverte des gros ions dans l'atmosphère par M. P. Langevin (²), de nombreuses recherches ont été faites, qui ne sont pas encore suffisantes pour préciser complètement la nature et l'origine de ces ions.

M. Langevin et, plus tard, d'autres auteurs ont trouvé un seul groupe de gros ions dans l'atmosphère. M. K. Kähler (³) et d'autres établissent l'existence de différents groupes de gros ions, toujours d'après leur mobilité.

J'ai fait certaines observations, dans le bâtiment de l'Institut physique de l'Université de Sofia, qui ont le caractère d'expériences continuées pendant une longue période de temps et qui caractérisent la nature et l'origine au moins d'un groupe des gros ions dans l'atmosphère.

Sur la figure 1 on voit les conducteurs (fils souples) du courant continu et alternatif.

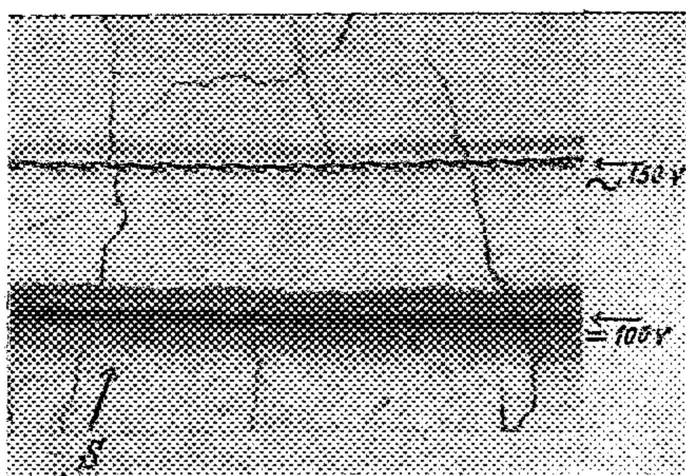


Fig. 1.

Ces conducteurs sont tendus à une hauteur de 4ᵐ près du plafond dans une chambre à l'abri de grands mouvements de convection de l'air. La lumière venant d'en bas, on voit au-dessus des fils leur ombre sur le mur. Les conducteurs du courant continu sont toujours réunis aux pôles d'une batterie d'accumulateurs de 100 volts, et ceux du courant alternatif au réseau de la ville de 150 volts. On voit sur la photographie que les premiers de ces conducteurs et le mur derrière eux sont complètement noircis. Les expériences faites avec cette poudre noire, soit directement, selon l'aspect, la finesse et la légèreté, soit au moyen du microscope dans des conditions différentes,

(¹) Séance du 19 avril 1937.

(²) *Comptes rendus*, **140**, 1905, p. 232.

(³) *Meteor. Zeitschrift*, **47**, 1930, p. 57.

…t par combustion au rouge et au blanc dans un tube en quartz fondu transparent montrent l'identité complète de cette poudre noire avec la suie de la fumée obtenue, par la combustion du charbon. Ce noircissement est dû à l'accumulation des particules de suie présentes dans l'atmosphère sous l'influence du champ électrique constant. Il en résulte donc que certaines des particules élémentaires de suie qui se trouvent en suspension dans l'atmosphère sont de gros ions. Leur grandeur, mesurée au microscope, est d'environ $0^{\mu},2$. Cette valeur est du même ordre que le diamètre des gros ions obtenu au moyen d'autres méthodes [1]. Ces gros ions, amenés par la convection de l'air ou par la diffusion à proximité des conducteurs, sont captés par leur champ électrique et par des orbites compliquées viennent se fixer sur les conducteurs ou le mur avoisinant.

A cause de la faible mobilité de ces ions et du faible champ électrique, le mouvement de rapprochement dure quelques minutes et, par conséquent, la fixation de ces ions a été possible uniquement à cause de l'absence de convection dans l'air. On comprend pourquoi le champ électrique alternatif ne donne pas cet effet ou bien le donne dans une très faible mesure. Cette expérience a duré environ 10 ans, vu que le dernier badigeonnage du mur de cette chambre a eu lieu avant le tremblement de terre survenu en Bulgarie en 1928.

Sur les photographies 2 et 3, prises dans une autre pièce du même bâtiment, où les

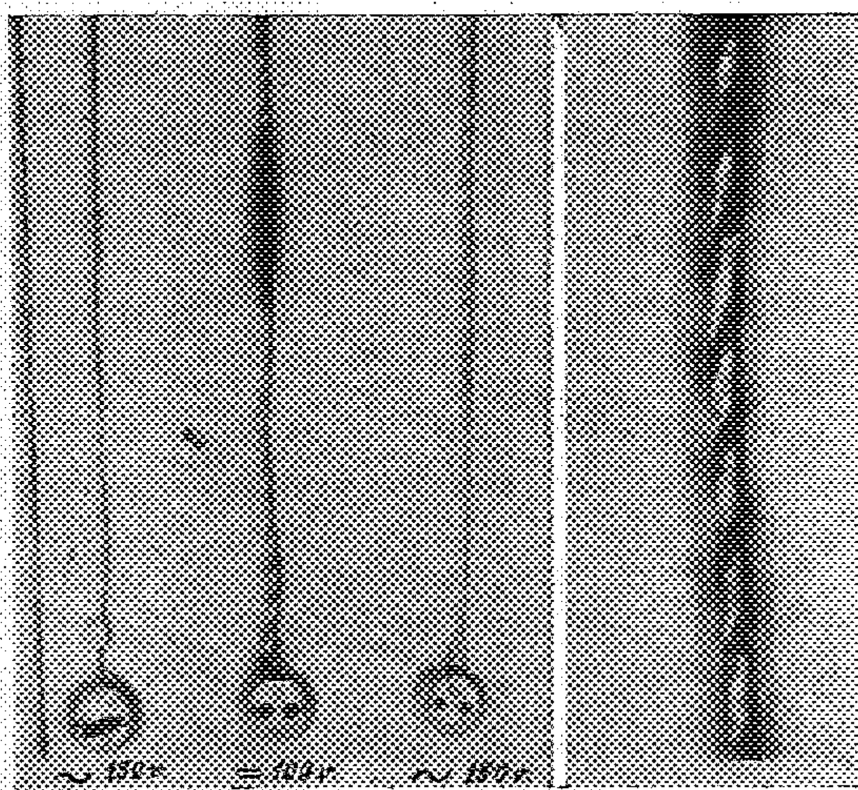


Fig. 2. Fig. 3.

convections de l'air ont été plus fréquentes et plus intenses et où la durée de l'expérience a été d'environ 5 ans, on voit une différence évidente entre les deux espèces d'ions. Le conducteur positif, ainsi que le mur derrière lui est devenu sensiblement plus noir que le conducteur négatif. La figure 3 représente une photographie agrandie

(1) J. Mac Laughlin, *Comptes rendus*, 184, 1927, p. 1571; J. J. Nolan et V. H. Guerrini, *Nature*, 135, 1935, p. 654.

d'une partie du fil souple moyen qu'on voit sur la figure 2. Le degré de noircissement des différentes parties du fil sur la figure 2 est en dépendance de sa distance du mur. Ainsi la partie la plus noire est à une distance de $0^{cm},5$, c'est-à-dire deux fois plus près que la distance normale du fil à cause de sa déformation. Ce phénomène est dû à la vitesse réduite de la convection dans l'air, à cause du plus grand frottement à proximité du mur. Dans l'explication du phénomène des figures 2 et 3, cette polarité est attribuée à une différence dans le nombre des deux espèces d'ions de ce groupe ou à une différence dans leurs propriétés.

La nature des gros ions, selon nos observations, est en accord avec le fait observé par H. Kennedy et publié par J. J. Nolan ([5]), que la flamme du gaz d'éclairage filtré ne produit de gros ions et de noyaux qu'en cas de combustion incomplète, et avec les recherches de MM. J. Mac Laughlin, J. J. Nolan et P. J. Nolan, H. Israël, K. Kähler et d'autres auteurs qui ont montré la liaison intime entre le nombre des gros ions et la fumée des villes ([6]).

Des recherches plus détaillées paraîtront ailleurs.

ÉLECTRONIQUE. — *Sur la fonction d'onde du photon.*
Note ([1]) de M. J.-J. PLACINTEANU, présentée par M. Jean Perrin.

Si l'on considère le photon comme particule formée par l'association de deux corpuscules complémentaires sans masses propres au repos (neutrino et antineutrino; *charges pures*), la fonction d'onde du photon doit être construite par la multiplication des deux fonctions d'onde des particules constituantes regardées comme *indépendantes*. En effet, il est difficile, dans ce cas, d'y imaginer une interaction (outre l'électrostatique, qui n'y peut rien) entre de telles particules.

J'ai montré auparavant que, si, au contraire, on prend pour particules composantes du photon l'électron et le positon, donc des particules à masses propres (égales), on peut imaginer que, pendant leurs fusions pour devenir un photon, il se produit un processus d'interaction plus intime

---

([5]) J. J. NOLAN et J. ENRIGHT, *Proc. Royal Irish Academy*, 36, A. 6, 1923, p. 93.

([6]) J. MAC LAUGHLIN, *Comptes rendus*, 184, 1927, p. 1183; J. J. NOLAN et P. J. NOLAN, *Proc. of the Royal Irish Academy*, 40, A. 2, 1931, p. 11, et 41, A. 11, 1933, p. 111; H. ISRAËL, *Zeitschrift für Geophysik*, 7, 1931, p. 127; K. KÄHLER, *Einführung in die atmosphärische Elektrizität*, 1929.

([1]) Séance du 19 mars 1937.

que l'action électrostatique, processus qui rend compte de la disparition des masses constituantes. J'ai mis en évidence un tel phénomène dans deux Notes antérieures ([2]).

Or il est bien connu que, si l'on ne tient pas compte de l'interaction, on trouve une fonction d'onde $\Phi = \psi\varphi$ du photon par la multiplication des deux fonctions d'onde des particules composantes ψ et φ, ce qui, d'ailleurs, n'est pas acceptable.

Dans cette Note, je veux montrer que l'interaction introduite par la fonction

$$f_k = \alpha_k e^{\frac{\lambda}{2}t} \tag{1}$$

que j'ai établie autre part ([2]), pour la variation de la masse résultante, où $\lambda = mc^2/k$ représente la constante de désagrégation des masses et α_k l'amplitude de désagrégation pour l'état final k du système électron-positon, peut nous conduire au but.

En effet, il est connu que, si l'on fait varier la masse d'après la fonction $m = m_0 e^{i\lambda t}$, la fonction d'onde doit être multipliée par une fonction de la forme (1), que je prends comme caractéristique pour chaque état k du système. De cette manière, si l'on enveloppe les fonctions ψ, φ et Φ par rapport à un système complet de fonctions orthogonales

$$\psi = \sum_s a_s \psi_s; \qquad \varphi = \sum_r c_r \varphi_r \qquad \text{et} \qquad \Phi = \sum_k b_k \Phi_k,$$

au lieu de la relation inacceptable entre les matrices, à savoir

$$b_k \sum_s a_s c_{k-s},$$

on trouve la relation exacte

$$b_k = \alpha_k \sum_s a_s c_{k-s}, \tag{2}$$

en prenant comme fonction du photon, au lieu de $\Phi = \psi\varphi$, une fonction de la forme $\Phi = f\psi\varphi$, avec $f = \sum_k f_k$.

Le sens physique de cette hypothèse est le suivant. Si l'on possède $\mathcal{L}$ électrons et $\mathcal{N}$ positons, et si certaines conditions sont favorables, il est

([2]) *Comptes rendus*, 203, 1936, p. 1343; 204, 1937, p. 485.

possible qu'il se produise des processus de fusion entre une paire électron-positon, et la probabilité d'un tel événement sera réglée par (1). Donc, il n'est pas en général plausible d'admettre que *tous* les électrons et *tous* les positons vont disparaître pour donner des photons, ce qui est en accord avec les conceptions de M. Jordan.

Les amplitudes α_k peuvent être déterminées par la condition que les matrices b_k soient des matrices de rayonnement, donc doivent satisfaire aux relations de commutativité, à savoir

$$b_k b_l^* - b_l^* b_k = \delta_{kl}.$$

Si l'on effectue le calcul, en admettant que

$$\alpha_k \beta_l^* = \alpha_l^* \alpha_k,$$

ce qui n'est pas déraisonnable, on trouve

$$\alpha_k \alpha_k^* = \frac{1}{k}, \qquad \text{donc} \qquad \alpha_k = \frac{i}{\sqrt{|k|}},$$

d'où il suit que (2) devient

$$\sqrt{|k|}\, b_k = \sum_s a_s c_{k-s}, \tag{3}$$

qui est la relation fondamentale bien connue de la théorie de M. Jordan.

Donc il est remarquable qu'on ne puisse pas parvenir à une relation (3) sans la supposition de l'existence d'une interaction, et qu'une telle interaction est difficilement concevable si les particules composantes n'ont pas des masses propres au repos. Il paraît donc qu'on sera logiquement conduit à mon hypothèse initiale sur la lumière électronique par la nécessité même de l'existence d'une interaction.

SPECTROSCOPIE. — *Production de lumière* blanche *par luminescence électrique du xénon.* Note (¹) de M. **Marcel Laporte**, présentée par M. Jean Perrin.

J'ai indiqué (²) la possibilité d'obtenir de la lumière *blanche* en faisant passer dans un tube contenant du xénon, et à travers un thyratron, le courant de décharge d'un condensateur.

(¹) Séance du 19 avril 1937.

(²) *Comptes rendus*, 203, 1936, p. 1341.

Le passage de la décharge est commandé en agissant sur la grille du thyratron. Cette commande est réalisée simplement en utilisant un transformateur dont le secondaire présente, outre les sorties extrêmes S_1 et S_3, une sortie intermédiaire S_2.

Les sorties S_1 et S_2 sont réunies aux armatures A_1 et A_2 d'un condensateur (0,5 à 2 μF); entre les armatures A_1 et A_2 sont disposés, en série, le tube à gaz et le thyratron (Th. 29); on réalise et l'on règle le déphasage de la tension de grille du thyratron, en la réunissant à l'armature a_1 d'un condensateur et à l'extrémité r_1 d'un rhéostat; l'armature a_2 est réunie à la sortie S_3 du transformateur et l'extrémité r_2 du rhéostat à la sortie S_2; le réglage du déphasage s'obtient en agissant sur le rhéostat.

La tension disponible entre S_1 et S_2 est, dans nos expériences, de l'ordre de 6000 volts et la tension disponible entre S_2 et S_3 d'une centaine de volts.

Des spectrogrammes de comparaison de l'arc au mercure, d'un arc au charbon et de la lumière du tube au xénon ont été pris avec un spectrographe de Hilger à optique de quartz.

La lumière du tube au xénon donne dans le visible et l'ultraviolet un spectre continu sur lequel ne se détachent, dans des conditions favorables de pression du gaz et de diamètre du tube, que des raies espacées et très faibles.

En produisant la décharge dans un tube comportant des segments de différents diamètres (2^{mm}, 10^{mm} et 20^{mm}), il apparaît que l'intensité relative des raies est minima dans le tube intermédiaire; ce résultat semble indiquer que, contrairement à ce que l'on pouvait supposer, l'exagération de la densité de courant n'est pas favorable à la disparition totale du spectre de raies.

Dans le domaine des pressions utilisées (2^{mm} à 6^{mm}), la production du fond continu s'améliore avec l'augmentation de pression.

L'enregistrement des clichés au microphotomètre et la comparaison des enregistrements relatifs à l'arc au charbon et à la lumière blanche montre que la répartition d'énergie est presque identiquement la même; la lumière du xénon ne présente dans le proche ultraviolet aucune irrégularité, alors que le spectre de l'arc présente celles que produisent les bandes d'émission du cyanogène (vers 4216, 3884 et 3000 Å).

La coïncidence de répartition du spectre de l'arc au charbon et de celui de la lumière blanche a pu être constatée jusqu'à la limite de transparence du pyrex (3200 Å). Dès maintenant, un spectrogramme (non encore

enregistré au microphotomètre) de lumière blanche, dans un tube de quartz, montre que le spectre reste continu jusqu'à la limite étudiée de 2200 Å. Dans l'ultraviolet lointain, quelques raies apparaissent, dont certaines, notamment 2536 Å, proviennent de traces de mercure souillant le Xénon.

M. Pierre Donzelot m'a aidé dans la prise des spectrogrammes et s'est chargé des enregistrements au microphotomètre.

RAYONS X. — *Essai de photométrie dans le domaine des rayons X mous, application à l'étude des électrons libres des métaux.* Note (¹) de M. **Jules Farineau**, présentée par M. Charles Fabry.

On sait que, dans un cristal conducteur, les énergies des électrons extérieurs des atomes formant le cristal ne sont plus exactement définies, mais peuvent prendre différentes valeurs comprises entre les limites distantes de plusieurs électrons-volts.

L'étude de la répartition de l'intensité, à l'intérieur des raies X larges émises par le passage de ces électrons sur un niveau plus profond de l'atome doit faire connaître la répartition des électrons entre les différentes énergies. On a en effet calculé la répartition de l'intensité dans l'hypothèse des électrons libres (²) et les modifications qui y sont apportées par le réseau cristallin. Il importe donc de comparer, avec le plus de précision possible les résultats théoriques aux résultats expérimentaux, pour examiner la validité de la théorie des électrons libres dans les métaux.

Pour cela, on ne peut se contenter des courbes d'enregistrement des raies au microphotomètre; il faut, à l'aide de la courbe de sensibilité des plaques photographiques employées, déduire de l'enregistrement la répartition de l'intensité, à l'intérieur de la raie.

Nous avons étudié jusqu'ici les spectres K et L de l'aluminium et du magnésium (³) qui sont situés respectivement aux environs de 8 et 9 Å et de 200 et 250 Å. Pour les spectres K, nous avons employé des films pour rayons X de la maison Gevaert; les plaques Schumann sont les seules sensibles, dans la région où se trouvent les raies L. Ces plaques présentent,

(¹) Séance du 19 avril 1937.

(²) Houston, *Physical Review*, 38, 1931, p. 1797; Hautot, *Bull. Société Royale des Sciences de Liége*, 6, n° 3, 1937, p. 111.

(³) Farineau, *Comptes rendus*, 203, 1936, p. 540; 204, 1937, p. 1108.

au point de vue de la photométrie, de graves défauts : leur sensibilité varie considérablement en fonction du temps; deux plaques ne sont jamais absolument identiques, et la sensibilité peut même varier dans certains cas de façon considérable entre deux régions voisines d'une même plaque, au point qu'il y a quelquefois, à côté de zones très sensibles, des zones d'insensibilité presque totale. Ces défauts font qu'on ne peut songer à mesurer avec précision des intensités à l'aide des plaques Schumann.

Les films employés pour les rayons X ne présentent pas les mêmes inconvénients, et c'est à l'aide d'eux seuls que nous avons cherché à faire des mesures précises. Pour faire l'étude de la sensibilité de ces films, nous avons employé comme source un tube à rayons X à anode d'aluminium ou de magnésium. Le film étudié, placé dans une enceinte vidée d'air communiquant avec le tube à rayons X, n'était éclairé que sur une plage de 2×5^{mm}.

Entre la plaque et l'anode était située une très bonne fente de spectrographe, qu'on pouvait placer dans différentes positions et enlever à volonté. La largeur de cette fente était mesurée à $1/1000^e$ de millimètre près à l'aide d'un comparateur. Derrière la fente se trouvait une feuille d'aluminium de 2^{μ} d'épaisseur, éliminant complètement la lumière parasite.

La longueur d'onde des raies K utilisées étant très petite, les lois de l'optique géométriques sont applicables même pour une fente très fine. L'intensité tombant sur la plaque est proportionnelle à l'ouverture de la fente, si là source a une intensité bien constante quand on se déplace perpendiculairement à la direction de propagation des rayons. Nous avons d'abord vérifié cette constance en déplaçant la fente dans son plan. Alors que la zone utilisée sur l'anode n'a jamais dépassé 1^{mm}, nous avons trouvé qu'avec le tube employé la source était constante, aux erreurs de mesure près, sur une largeur de 4^{mm}.

En nous plaçant toujours exactement dans les mêmes conditions de vide, de temps de pose, de voltage et de débit du tube, nous faisions une série de poses sur le même film, en faisant varier l'ouverture de la fente, ce film étant développé exactement dans les mêmes conditions que les clichés des raies K pris avec notre spectrographe. Après avoir mesuré la densité des noircissements obtenus, nous avons tracé la courbe de sensibilité des films employés. Cette courbe, qui est à peu près la même, que l'anode soit en magnésium ou en aluminium, présente une région de sous-exposition relativement étroite et une longue partie sensiblement rectiligne correspondant à un coefficient de contraste γ voisin de 0,8 — valeur proche de celle que l'on trouve pour des longueurs d'onde de l'ordre de 2000 Å.

A l'aide de cette courbe, nous avons comparé la répartition de l'intensité des raies $K\beta_x$, de l'aluminium et du magnésium, à la répartition théorique calculée dans l'hypothèse des électrons libres. Pour le magnésium, la concordance entre les deux courbes est très bonne, les différences n'atteignant que quelques unités pour 100, le plus grand écart, imputable à une zone de Brillouin (³), ne dépassant pas 10 pour 100 de la valeur théorique. Pour l'aluminium par contre, si la concordance est encore bonne sur les cinq premiers volts, elle est très mauvaise ailleurs, la différence atteignant 30 pour 100 de la valeur théorique.

Ce qui montre bien que, si les électrons M du magnésium sont dans un état très voisin de la liberté, l'influence du réseau cristallin est beaucoup plus considérable sur les électrons M de l'aluminium.

PHYSIQUE NUCLÉAIRE. — *Sur la relation entre l'énergie cinétique et le parcours des protons. Cas des transmutations artificielles.* Note de M. **Georges Mano**, présentée par M. Jean Perrin.

Les mesures très précises de masses atomiques publiées récemment par Bainbridge et Jordan (¹) permettent de vérifier exactement les calculs faits par nous (²) au sujet des parcours des protons rapides en fonction de leur énergie cinétique initiale.

Considérons les quatre transmutations artificielles suivantes, les seules libérant des protons rapides et dont les masses participantes soient suffisamment bien connues :



$$(1)\quad {}^{6}\mathrm{Li} + {}^{2}\mathrm{H} \rightarrow {}^{7}\mathrm{Li} + {}^{1}\mathrm{H}, \qquad (2)\quad {}^{10}\mathrm{B} + {}^{2}\mathrm{H} \rightarrow {}^{11}\mathrm{B} + {}^{1}\mathrm{H},$$
$$(3)\quad {}^{12}\mathrm{C} + {}^{2}\mathrm{H} \rightarrow {}^{13}\mathrm{C} + {}^{1}\mathrm{H}, \qquad (4)\quad {}^{14}\mathrm{N} + {}^{2}\mathrm{H} \rightarrow {}^{15}\mathrm{N} + {}^{1}\mathrm{H}.$$

Les déterminations de Bainbridge et Jordan donnent

${}^{1}\mathrm{H} = 1{,}00815\ (\pm\ 2)$	${}^{10}\mathrm{B} = 10{,}01633\ (\pm 13)$	${}^{13}\mathrm{C} = 13{,}00790\ (\pm 20)$
${}^{2}\mathrm{H} = 2{,}01478\ (\pm\ 3)$	${}^{11}\mathrm{B} = 11{,}01295\ (\pm 13)$	${}^{14}\mathrm{N} = 14{,}00760\ (\pm 20)$
${}^{6}\mathrm{Li} = 6{,}01699$	${}^{12}\mathrm{C} = \begin{cases} 12{,}00428\ (\pm 17) \\ 12{,}00402\ (\pm 17) \end{cases}$	${}^{15}\mathrm{N} = 15{,}00500\ (\pm 30)$
${}^{7}\mathrm{Li} = 7{,}01822\ (\pm 14)$		

Les erreurs probables portent sur la dernière décimale indiquée. La masse de ${}^{6}\mathrm{Li}$ est obtenue à partir de celle de ${}^{7}\mathrm{Li}$ en utilisant le rap-

(¹) *Phys. Rev.*, 51, 1937, p. 384 et 385.
(²) G. Mano, *Journ. de Phys.*, 5, 1934, p. 628.

port $^7Li/^6Li$ déterminé au moyen des spectres de bandes par Almy et Irwin ([3]). L'erreur probable sur ^6Li est en conséquence plus élevée. Les deux nombres pour ^{12}C sont obtenus au moyen de deux doublets de masses différentes. Les valeurs des masses prenant part aux réactions nucléaires (1)-(4) nous permettent de calculer, par l'équation d'équivalence d'Einstein, l'énergie libérée par ces réactions. L'énergie initiale des deutons de bombardement étant connue, nous pourrons, en écrivant que l'énergie et la quantité de mouvement se conservent, calculer l'énergie cinétique communiquée aux protons de transmutation. Les parcours moyens théoriques P_c de ces protons pourront être calculés comme nous l'avons indiqué (*loc. cit.*), par l'équation de Bethe-Bloch, et pourront être comparés directement aux parcours expérimentaux P_m.

En général, on étudie les protons de transmutation émis à angle droit par rapport aux deutons incidents. Dans ces conditions l'énergie cinétique initiale des protons est

$$E_p = \frac{Q + E_d(1 - M_d/M)}{1 + M_p/M}.$$

Q étant l'énergie dégagée par la réaction, E_d l'énergie cinétique et M_d la masse du deuton incident, M_p la masse du proton, M la masse du noyau résultant.

Réaction 1 : $Q = 5{,}02.10^6 \varepsilon V$. — La réaction a été étudiée par Cockcroft et Walton ([4]) avec $E_d = 0{,}50.1^6 \varepsilon V$. Il en résulte $E_p = 4{,}70.10^6 \varepsilon V$. Le parcours extrapolé expérimental, $30^{cm},5$ d'air à 15° et 760^{mm} Hg, a été déterminé au moyen de feuilles de mica, en posant que 1,43 mg/cm² de mica valent 1^{cm} d'air. Nous avons montré ailleurs (*loc. cit.*) que le pouvoir d'arrêt du mica variait avec la vitesse des protons ([5]). En faisant la correction correspondante, on trouve $31^{cm},1$ pour le parcours extrapolé et $P_m = 30^{cm},4$ pour le parcours moyen. Le parcours moyen calculé par la formule de Bethe-Bloch pour $E_p = 4{,}70.10^6 \varepsilon V$ est $P_c = 30^{cm},1$.

Réaction 2 : $Q = 9{,}32.10^6 \varepsilon V$. — La réaction a été étudiée par Cockcroft et Walton (*loc. cit.*), puis par Cockcroft et Lewis ([6]) avec $E_d = 0{,}55.10^6 \varepsilon V$, ce qui donne $E_p = 8{,}96.10^6 \varepsilon V$. Le parcours extrapolé est de 91^{cm}. En faisant les mêmes corrections que ci-dessus, on obtient le parcours moyen $92^{cm},5$. Le parcours calculé est $93^{cm},6$.

Réaction 3 : $Q = 2{,}68.10^6 \varepsilon V$ (si l'on admet la valeur moyenne $12C = 12{,}00415$). — Cockcroft et Lewis (*loc. cit.*), Fowler, Delsasso et Lauritsen ([7]) ont étudié la réaction

([3]) *Phys. Rev.*, **49**, 1936, p. 72.
([4]) *Proc. Roy. Soc.*, **144**, 1934, p. 704.
([5]) Voir aussi W. E. Bennett, *Proc. Roy. Soc.*, **155**, 1936, p. 419.
([6]) *Proc. Roy. Soc.*, **154**, 1936, p. 136.
([7]) *Phys. Rev.*, **49**, 1936, p. 561.

en utilisant des deutons d'énergies cinétiques différentes. Les E_p s'échelonnent entre $2,73.10^6$ et $3,20.10^6 \varepsilon V$, les parcours moyens expérimentaux, toutes corrections faites, entre 12,2 et $16^{cm},4$. Ils correspondent aux parcours calculés (voir le tableau ci-dessous).

Réaction 4 : $Q = 8,59.10^6 \varepsilon V$. — Cockcroft et Lewis utilisent $E_d = 0,575.10^6 \varepsilon V$. Il en résulte $E = 8,52.10^6 \varepsilon V$ et $P_c = 86^{cm}$. Le parcours extrapolé est 85^{cm}. On en déduit, toutes corrections faites, $P_m = 86^{cm},4$.

En résumé, la comparaison du parcours expérimental corrigé P_m et du parcours calculé P_c donne

Réaction...	3.	3.	3.	3.	3.	3.	3.	3.	1.	4.	2.
$E(10^6 \varepsilon V)$.	2,73	2,77	2,89	2,93	2,94	2,95	3,08	3,20	4,70	8,52	8,96
P_m (cm)...	12,2	12,5	13,0	13,3	13,6	13,5	14,8	16,4	30,4	86,4	92,5
P_c (cm)...	11,8	12,1	13,0	13,3	13,4	13,5	14,5	15,5	30,1	86,0	93,6

On voit que la concordance est très satisfaisante et qu'il n'y a pas d'écart systématique.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur une application thermochimique de l'analyse thermique à la formation des eutectoïdes des alliages binaires.* Note [1] de M. **Roger Chatelet**, présentée par M. Georges Urbain.

L'étude faite ici suppose la proportion de l'un des éléments assez faible pour admettre que la chaleur spécifique de l'alliage est additive par rapport à celles de ses constituants. C'était le cas pour l'étude expérimentale faite sur l'acier au carbone dont la proportion en carbone variait à l'intérieur des limites $e = 0,9$ pour 100 et $f = 0,03$ pour 100 du domaine *hypoeutectoïde* (voir *fig.* 1).

Nous avons démontré l'existence d'une relation qui (à l'approximation de l'hypothèse précédente) peut se représenter par l'expression

$$\frac{Q}{C} \times \frac{x-f}{e-f} = VT, \tag{1}$$

dans laquelle

C est la chaleur spécifique de l'alliage à la température Θ de formation de l'eutectoïde;

Q la chaleur dégagée par la formation de l'unité de masse d'eutectoïde;

---

[1] Séance du 1er mars 1937.

x la proportion du constituant rare dans l'alliage (les valeurs e et f représentant ses limites indiquées sur l'exemple de l'acier au carbone);

T et V, grandeurs calculables sur le diagramme d'analyse thermique, sont respectivement la durée de la réaction isotherme au cours de laquelle se précipite l'eutectoïde et la moyenne arithmétique V des vitesses de refroidissement de l'alliage, immédiatement au début et à la fin de son accomplissement.

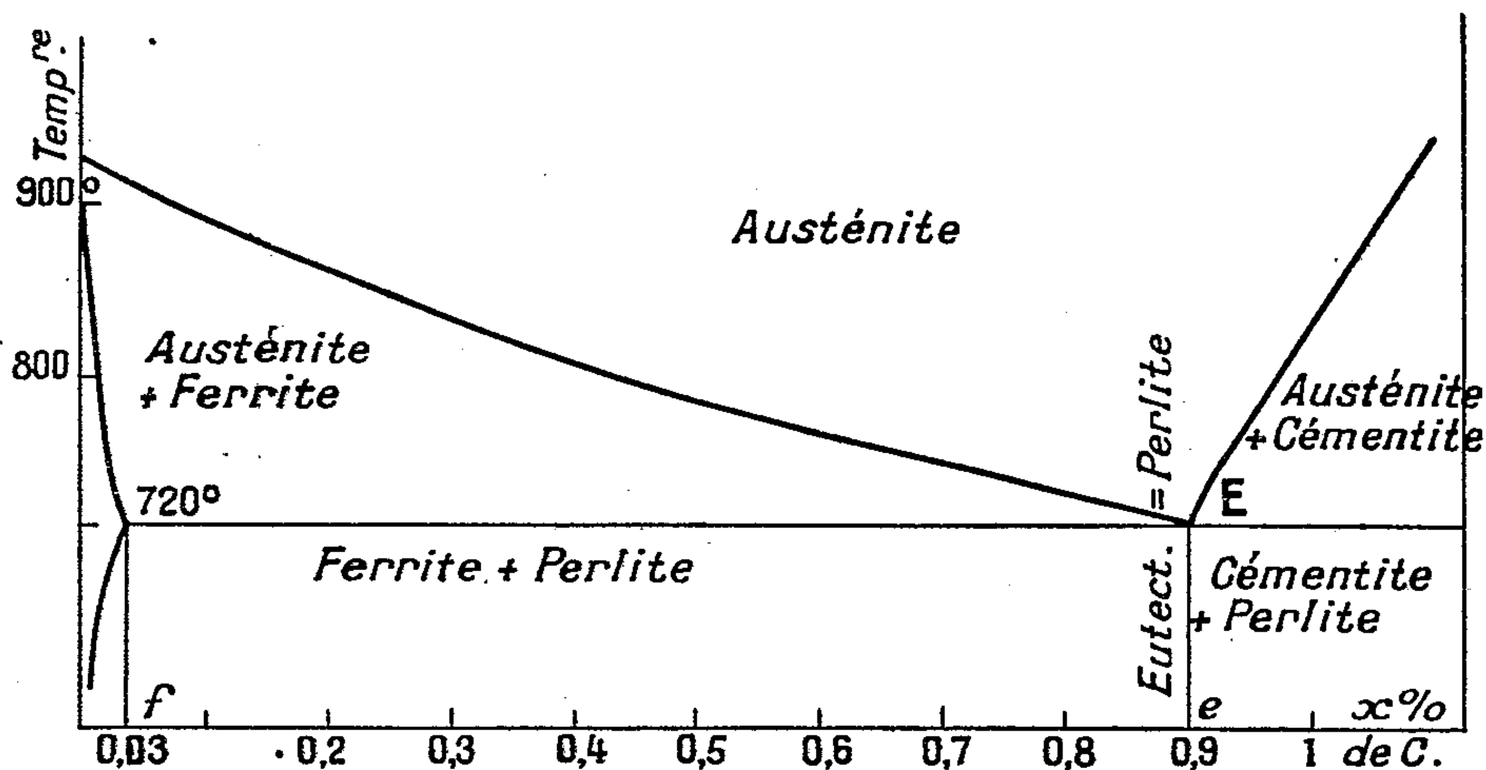


Fig. 1.

Étude expérimentale. — Elle a porté sur différents échantillons d'acier dont la teneur en carbone variait de 0,10 pour 100 à 0,90 pour 100; chacun d'eux a été traité dans des conditions variables de refroidissement pour faire varier (V). L'étude des diagrammes d'analyse thermique obtenus permet d'énoncer les résultats suivants :

1° A x constant le produit (TV) homogène à une *température* est constant.

2° Quand x varie dans ce domaine étudié, C n'est pas rigoureusement constant, mais, à la précision que comportent ces expériences, on peut le considérer comme tel, donc l'équation (1) exprime que le produit TV est une fonction linéaire de x de la forme

$$\text{TV} = \text{K}(x - f). \qquad (2)$$

En portant x en abscisse et TV en ordonnée on obtient le graphique ci-après (*fig.* 2). Les points figuratifs se répartissent à 5 pour 100 près, au plus, sur une droite (Δ) qui rencontre l'axe des x au point F d'abscisse f, conformément à l'équation (2).

3° Si l'équation (1) est exacte, le coefficient angulaire K de la droite (Δ)

doit avoir pour expression

$$K = \frac{Q}{C(e-f)}.$$

Le graphique ci-dessous donnant la valeur de K, et connaissant les valeurs de C, e, f, on en tire celle de Q; on trouve $Q = 17^{cal},1$ à 8 pour 100 près.

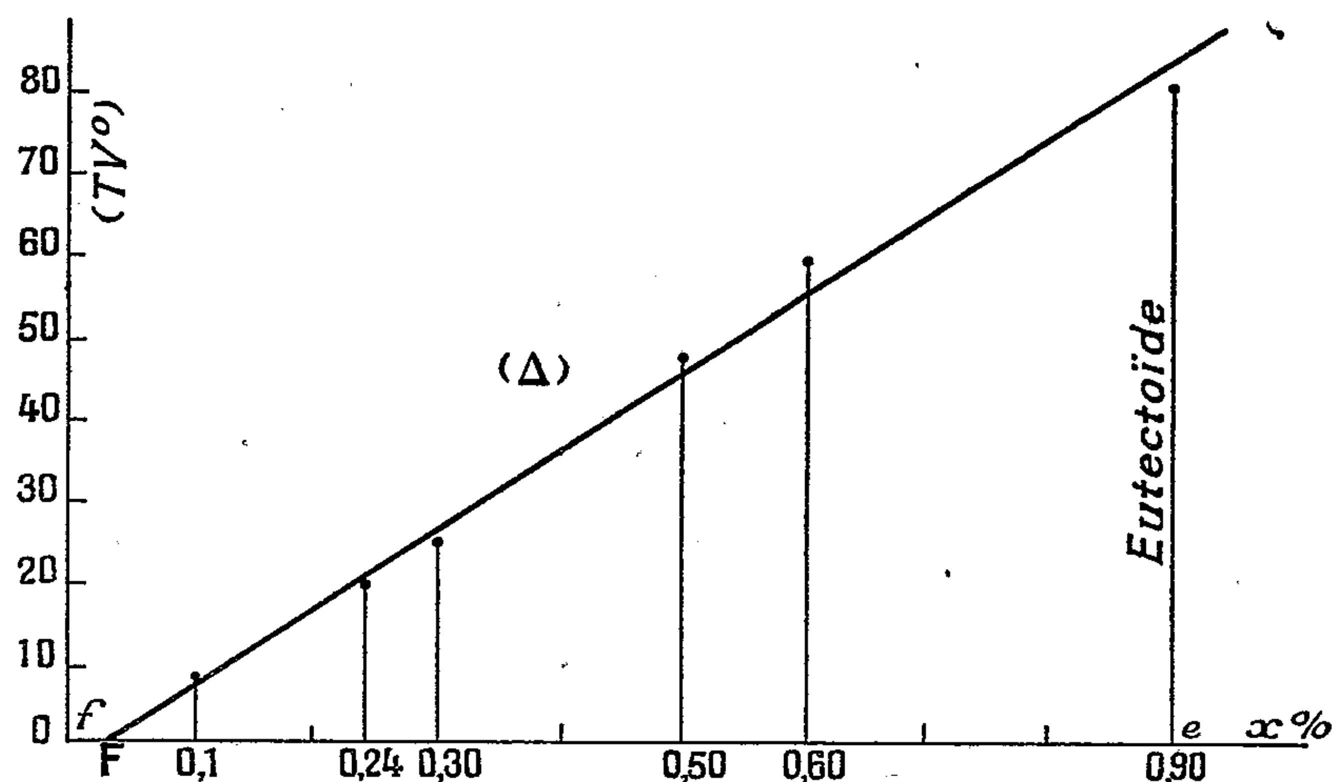


Fig. 2.

Les tables thermochimiques donnant $Q = 16^{cal},5$, la concordance de ces nombres est suffisante pour justifier complètement l'équation thermochimique (1).

Conclusion. — C'est surtout sur ce troisième point que l'application de la relation (1) est intéressante; elle constitue alors une *méthode calorimétrique* déguisée sous l'aspect de l'*analyse thermique*, dans laquelle la mesure d'une température est remplacée par celle des deux grandeurs V et T effectuées graphiquement avec une mise en œuvre plus simple.

Un Mémoire détaillé paraîtra dans un autre Recueil.

PHYSICOCHIMIE. — *Sur le diamagnétisme des solutions d'iode.* Note (1) de M. **Clément Courty**, présentée par M. Gabriel Bertrand.

De nombreux travaux ont été faits sur les solutions d'iode en vue d'expliquer la diversité de leurs colorations. Plusieurs hypothèses ont été émises, mais aucune ne donne entière satisfaction.

(1) Séance du 19 avril 1937.

Si l'on s'en tient aux travaux de M. Chatelet [2], on peut concevoir que l'affinité des solvants pour l'iode diffère selon que les solutions résultantes sont violettes, rouges ou brunes, les solvants qui donnent des solutions brunes se combinant à l'iode d'une manière plus intime que les solvants qui donnent des solutions violettes ou rouges.

Nous avons pensé qu'une étude des propriétés magnétiques de ces solutions pourrait avoir un certain intérêt.

Dans ce but, nous avons tout d'abord préparé de l'iode pur et sec par sublimation en présence d'iodure de potassium sec, puis dessiccation en présence d'acide sulfurique. Ainsi notre iode se trouve exempt de chlore qui risquerait de fausser les résultats des mesures magnétiques. P. Pascal [3] signale en effet que le diamagnétisme de l'iode est atténué dans ses dérivés lorsque les atomes voisinent avec des atomes d'halogènes, à l'exception du fluor.

Nous avons ensuite purifié quelques solvants caractéristiques donnant, d'après Gautier et Charpy [4], quatre catégories de colorations : chloroforme, tétrachlorure de carbone, sulfure de carbone (solutions violettes), benzène (solutions rouges), toluène (solutions rouge brun), éther (solutions brunes).

Sur ces six solvants, nous en connaissons trois aux point de vue magnétique : le chloroforme, le tétrachlorure de carbone et le benzène, qui nous avaient donné des coefficients d'aimantation acceptables [5]. Nous avons étudié les trois autres et pour l'éther nous avons retrouvé la valeur $10^6\chi = -0{,}766$ donnée par Pascal [6]. Par contre, le sulfure de carbone, obtenu pur, à odeur éthérée et distillant à 46°,2 sous 760^{mm} de mercure, nous a donné $10^6\chi = -0{,}563$ à 0,5 pour 100 près, différant sensiblement de la valeur $-0{,}540$ donnée par G. Meslin [7]. Quant au toluène, nous l'avons déshydraté par une distillation sur le sodium (P. E. 109°,4 sous 748^{mm}; densité à 0° : 0,8821) il nous a donné $10^6\chi = -0{,}718$ alors que Pascal [6] donne $-0{,}729$.

Avec la balance magnétique de Curie et Chéneveau on peut mesurer les coefficients d'aimantation des liquides à 0,5 pour 100 près. Il faut donc, pour qu'une solution d'iode donne des mesures magnétiques significatives,

(2) *Thèse Fac. Sc. Recherches sur l'état de l'iode dans quelques solvants*, Paris, 1934.

(3) *Revue générale des Sciences*, **34**, 15 juillet 1923, p. 388.

(4) *Comptes rendus*, **110**, 1890, p. 189.

(5) C. Courty et C. Chéneveau, *Comptes rendus*, **194**, 1932, p. 2197.

(6) *Ann. Ch. Phys.*, 8e série, **19**, 1910, p. 5.

(7) *Ann. Ch. Pyhs.*, 8e série, **7**, 1906, p. 145.

que son coefficient d'aimantation diffère de 0,5 pour 100 au minimum de celui du solvant. Toutes nos solutions, à l'exception de celles dans le chloroforme et dans le tétrachlorure de carbone, satisfont à cette condition. Voici nos résultats, en prenant pour l'iode $10^6\chi = -0,366$, valeur donnée par Pascal ([8]), et pour les solvants les valeurs déjà citées, c'est-à-dire

Chloroforme, — 0,488; Tétrachlorure de carbone, — 0,429; Sulfure de carbone, — 0,563; Benzène, — 0,712; Toluène, — 0,718; Éther, — 0,766.

I pour 100 représente le nombre de grammes d'iode pour 100^g de solution;

— $10^6\chi_M$ est le coefficient d'aimantation que nous avons trouvé;

— $10^6\chi_C$ est le coefficient d'aimantation calculé par additivité.

L'écart pour 100 est pris par rapport à — $10^6\chi_C$.

I %.	$-10^6\chi_M$.	$-10^6\chi_C$.	Écart %.	Solvant.	Couleur.
1,14..........	0,4287	0,4282	0,1	Tétrachlorure de C	Violette
2,28..........	0,486	0,485	0,2	Chloroforme	Violette
2,35..........	0,694	0,701	0,9	Toluène	Rouge brun
4,13..........	0,657	0,698	5,8	Benzène	Rouge
5,51..........	0,547	0,552	0,9	Sulfure de C	Violette
6,22..........	0,736	0,741	0,7	Éther	Brune
7,33..........	0,552	0,548	0,7	Sulfure de C	Violette
8,56..........	0,658	0,682	3,5	Benzène	Rouge
10,48..........	0,538	0,542	0,7	Sulfure de C	Violette
10,48..........	0,667	0,681	2	Toluène	Rouge-brun
20,37..........	0,677	0,684	1,02	Éther	Brune

On voit que, pour les solutions violettes, la moyenne des écarts est 0,52 pour 100, alors qu'elle est de 4,65 pour 100 pour les rouges, 1,95 pour 100 pour les rouge brun, 0,86 pour 100 pour les brunes.

Nous nous proposons de continuer ces recherches, car il semble que la loi d'additivité permet, non seulement d'entrevoir ce qui peut se passer, mais surtout de vérifier la pureté des solvants. Une série de solutions dans le sulfure de carbone dit pur du commerce, solutions qui d'ailleurs tendaient vers le rouge comme coloration, nous a donné des résultats très éloignés (de 2 à 5 pour 100) des valeurs calculées. L'alcool absolu du commerce a présenté également des difficultés que nous n'avons pas encore surmontées (solutions brunes).

([8]) P. Pascal, *Comptes rendus*, 152, 1911, p. 862.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Action du soufre sur l'argent.* Note de M. **Ernest Toporescu**, présentée par M. Paul Lebeau.

Sollicité par une ancienne maison de miroiterie de chercher la cause pour laquelle les miroirs se tachent, je suis arrivé à quelques observations qui font l'objet de cette Note.

Guidé dans cette étude par le fait que, dans l'argenture du verre, il faut tenir compte de la surface du verre, du procédé employé pour déposer la couche d'argent et du vernissage de la couche, je suis arrivé à cette conclusion que la cause des taches des miroirs est le benzène, que l'on emploie comme dissolvant des différentes laques pour les vernir.

En effet, de très petites quantités de soufre, de l'ordre de $0^{g},1$ pour 100^{cm^3} de benzène, sont suffisantes pour qu'il cristallise, par l'évaporation du dissolvant, là où la couche d'argent présente la plus grande discontinuité. Une fois la cristallisation amorcée, la formation du sulfure d'argent commence et se poursuit avec une grande vitesse.

Pour avoir une idée de la vitesse avec laquelle le sulfure d'argent se produit, j'ai fait des expériences entre l'argent déposé comme miroir et un cristal de soufre octaédrique ayant une de ses faces parfaitement plane et d'une grandeur d'à peu près 160^{mm^2}.

A la température du laboratoire l'attaque du miroir est assez visible après 30 minutes. Le sulfure d'argent qui se forme en fonction du temps apparaît toujours du côté où la face du cristal présente un angle dièdre obtus.

Cette dernière observation nous démontre que le pouvoir de sublimation du soufre ([1]) n'est pas le même sur toute la surface du cristal; elle est très faible du côté des angles aigus et grande du côté des angles obtus, c'est-à-dire que l'énergie interatomique est plus grande du côté des angles aigus. Cette constatation est en parfait accord avec le phénomène que présentent les catalyseurs métalliques, car leurs actions sont plus énergiques lorsqu'ils sont dans un très grand état de division.

([1]) R. Dubrisay, *Comptes rendus*, 201, 1935, p. 425.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Contribution à l'étude du rôle des gaz dans les métaux.* Note (¹) de MM. **Albert Portevin**, **Georges Chaudron** et **Léon Moreau**, présentée par M. Léon Guillet.

Les métaux déposés par électrolyse présentent un durcissement très notable par rapport au même métal à l'état recuit. On observe également un élargissement des raies du spectre de diffraction aux rayons X et une diminution de la conductibilité électrique; ces modifications des propriétés du métal électrolytique indiquent un changement structural (distorsion du réseau et affinage du grain) (²); l'écrouissage produit des effets du même genre.

La nouvelle méthode d'extraction des gaz que nous avons indiquée précédemment (³) nous permet de les *éliminer sans élévation appréciable de la température* de la masse métallique; ce procédé nous fournit donc un moyen d'investigation pour se rendre compte du mode d'action des gaz sur les propriétés que nous venons d'énumérer.

Nous avons donc étudié les variations de dureté, de conductibilité, et du paramètre cristallin après dégazage à froid, après recuit et enfin après chargement d'hydrogène par électrolyse.

Pour observer les faibles variations du paramètre cristallin du fer, nous avons utilisé la méthode des diagrammes Debye-Sherrer dite *en retour*. On compare la raie 220 du fer à la raie 440 du chlorure de sodium et, dans les conditions de nos expériences, en opérant sur métaux recuits, ce qui permet d'observer très nettement le dédoublement de la raie K_α, la précision est de l'ordre de 5.10^{-4} Å. Dans le cas des métaux électrolytiques non recuits, le flou des raies ne permet pas d'apprécier la valeur moyenne du paramètre à plus de 1.10^{-3} Å. Le flou des raies est apprécié par le rapport l/h, l étant la largeur de la raie sur le diagramme microphotométrique à la moitié de la hauteur, et h la hauteur, grandeur qui est proportionnelle à l'intensité de la raie. Le tableau suivant résume nos expériences.

(¹) Séance du 19 avril 1937.

(²) Wood, *Trans. Faraday Soc.*, 31, 1935, p. 1248.

(³) L. Moreau, G. Chaudron, A. Portevin, *Comptes rendus*, 201, 1935, p. 212.

Fer préparé par électrolyse.

N° de l'échantillon.	Avant dégazage. Δ_0 en unités Brinnel.	a_0 en Å.	l_0/h_0.	Vol. H^2 pour 100^g en cm^3.	Après dégazage. Δ_1 en unités Brinnel.	a_1 en Å.	l_1/h_1.	Après recuit. Δ_2 en unités Brinnel.	a_2 en Å.	l_2/h_2.
1...	470	$2,859_2$	1,2	307	475	$2,859_4$ / $2,859_6$	0,8	120	$2,858_6$	0,5
2...	–	$2,856_9$	1,3	–	–	$2,857_3$	1	–	–	–
3...	175 / 180	$2,861_8$	0,9	223	175 / 180	$2,861_8$ / $2,862_3$	0,8	110	$2,860_8$	0,4

De ces mesures on peut conclure que :

1° Le départ d'hydrogène ne modifie pas la dureté, il ne modifie pas également le paramètre cristallin et enfin le flou des raies est sensiblement conservé.

2° Le recuit détermine la restauration du réseau avec baisse notable de la dureté et cela sans que l'on constate un départ notable des gaz; le réseau se rétracte et les raies deviennent très fines (dédoublement de K_α). La présence d'une quantité suffisante d'hydrogène est donc la cause première ou initiale du durcissement et non pas la cause efficiente ou immédiate. Ce serait là en quelque sorte un écrouissage spécial du métal par les atomes d'hydrogène.

D'autre part, pour réaliser les phénomènes inverses dus au dégazage, nous avons chargé électrolytiquement des fils de fer Armco par l'hydrogène et l'on a observé les variations suivantes de la ductilité exprimée par l'allongement de rupture du fer A et de sa conductibilité λ.

Fer en fils chargé d'hydrogène par électrolyse.

Fil brut. A pour 100.	ρ microhms. cm/cm².	Vol. H^2 initial.	Fil chargé d'hydrogène. A pour 100.	ρ microhms cm/cm².	Vol. H^2 dégazé.	Fil dégazé. A pour 100.	ρ microhms cm/cm².
25	10,9	68,8	7,2	11,09	150	7,2	11,2

On observe un abaissement de l'allongement A dès que la teneur en hydrogène est de l'ordre de 100^{cm^3} pour 100^g de fer.

Ces résultats confirment les précédents et en particulier que l'on peut accroître la résistivité électrique par insertion temporaire d'atomes d'hydrogène, comme on le ferait par écrouissage.

Pour montrer que ce dernier phénomène n'est pas particulier au fer, nous l'avons répété avec un fil d'aluminium extra pur. On retrouve quali-

tativement le sens de variation de la résistivité indiquée précédemment pour le fer. Lorsque la quantité de gaz extraite par la nouvelle méthode n'est pas trop grande, la conductibilité électrique est inchangée. Dans les autres cas, il peut se produire une légère volatilisation du métal qui provoque une augmentation de résistivité du fil étudié. Dans un prochain Mémoire, nous montrerons comment il est possible de remédier à cet inconvénient.

Résistivité du fil d'aluminium.

	Aluminium 99,8.		Aluminium 99,9.		Aluminium 99,9.	
Traitement.	ρ microhms cm/cm².	H^2 pour 100g en cm³.	ρ microhms cm/cm².	H^2 pour 100g en cm³.	ρ microhms cm/cm².	H^2 pour 100g en cm³.
État brut recuit.....	3,39	184	2,65	228	2,71	137
Précédent dégazé....	3,60	–	2,65	–	2,71	–
Chargé d'hydrogène..	3,51	267	2,72	340	3,07	291
Précédent dégazé....	3,65	–	2,86	–	3,62	–

CHIMIE PHYSIQUE. — *Variation de l'activité catalytique des oxydes ferromagnétiques au point de Curie.* Note de MM. **Hubert Forestier** et **Richard Lille**, transmise par M. Pierre Weiss.

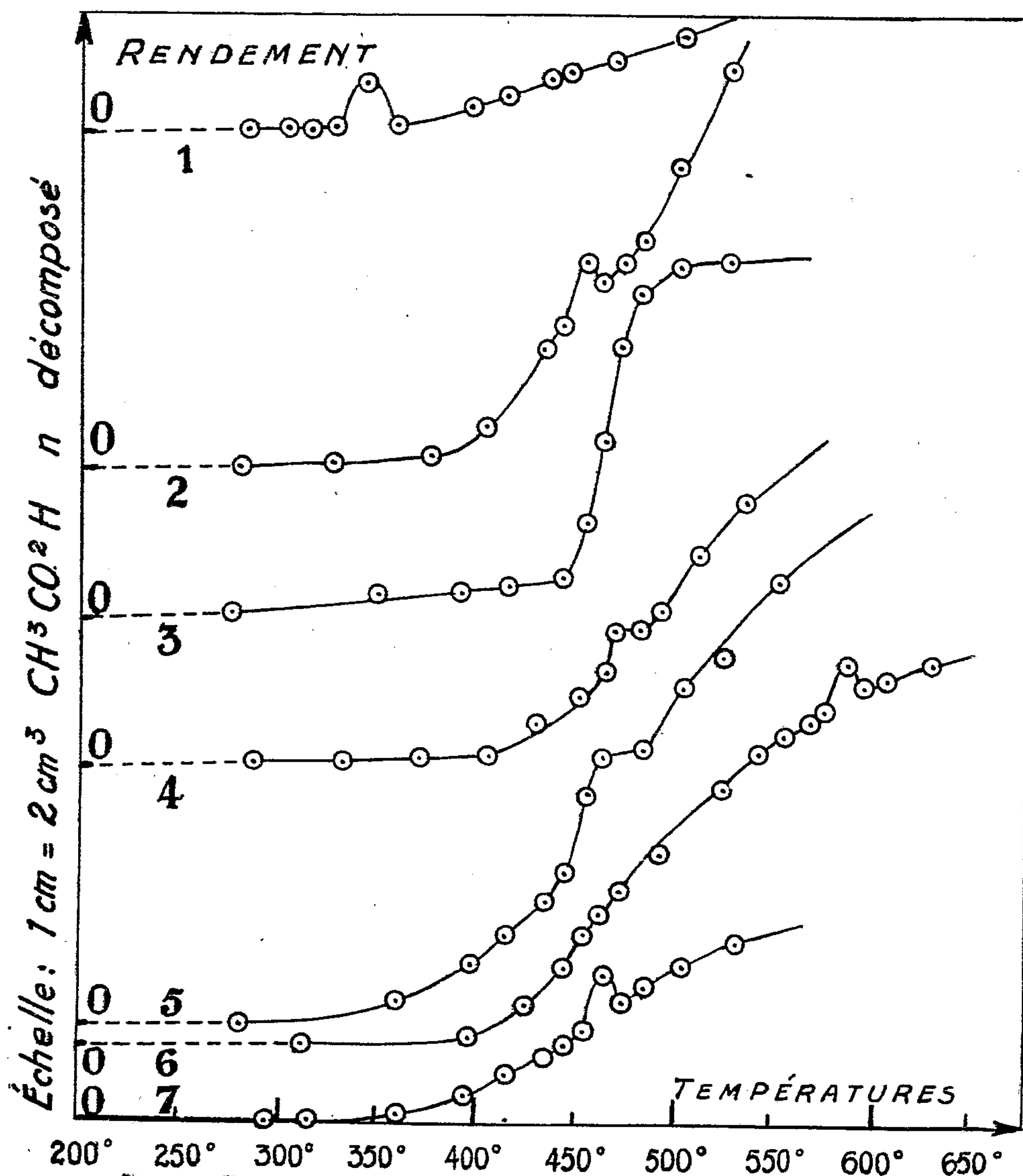
Nous avions mis en évidence (¹) la variation d'activité catalytique des oxydes ferromagnétiques Fe^3O^4, Fe^2O^3. NiO, Fe^2O^3. SrO, lors de la perte du ferromagnétisme au point de Curie. Cette étude a été poursuivie sur les ferrites de magnésium, cuivre, baryum, strontium et plomb, utilisés comme catalyseurs de la réaction de décomposition de l'acide acétique, réaction qui donne lieu à la formation d'acétone et d'anhydride carbonique, avec production secondaire d'oxyde de carbone et d'hydrogène (²). Le dosage de l'acide acétique non transformé, à la sortie du tube de catalyse, permettait d'évaluer le rendement de la réaction et d'en suivre les variations en fonction de la température.

Nous avons préparé trois ferrites de magnésium de composition variant entre Fe^2O^3. MgO (point de Curie 315°) et 52,5 Fe^2O^3. 47,5 MgO (point de Curie 390°). Les anomalies rencontrées sur les courbes de rendement (courbe 1, 50,6 Fe^2O^3, 49,4 MgO; point de Curie 350°) corres-

(¹) H. Forestier et R. Lille, *Comptes rendus*, 204, 1937, p. 265.
(²) J. B. Senderens, *Ann. de Chim. et de Phys.*, 8e série, 28, 1913, p. 243.

pondent aux températures des points de Curie déterminées par l'analyse thermomagnétique.

Les essais effectués sur le ferrite de cuivre (point de Curie 455°) ont



mis en évidence une augmentation brusque du pouvoir catalytique du catalyseur neuf à la température du point de Curie (courbe 3); lorsque l'expérience est répétée un certain nombre de fois sur le même échantillon,

l'anomalie devient un maximum (courbe 2) dont l'amplitude va en décroissant quand le nombre des expériences augmente; ce phénomène coïncide avec un commencement de réduction de l'oxyde de cuivre en cuivre métallique.

Les courbes obtenues avec les ferrites de strontium (point de Curie 470°), de baryum (point de Curie 455°) et de plomb (point de Curie 460°) indiquent également, comme les précédentes, une anomalie positive au voisinage du point de Curie (courbes 4, 5, 7).

Nous devons enfin signaler à nouveau l'apparition d'un maximum vers 570°, chaque fois que le ferrite utilisé commence à se réduire en Fe^3O^4 (dont l'existence est facile à déceler par l'analyse thermomagnétique). Nous en donnons ci-dessus un exemple dans le cas du ferrite de baryum complètement réduit (courbe 6).

Ces expériences, confirment les résultats que nous avons publiés antérieurement (*loc. cit.*) et établissent une relation certaine entre le point de transformation magnétique et les propriétés catalytiques des oxydes ferromagnétiques.

CHIMIE ANALYTIQUE. — *Réactions d'identité, d'ordre microchimique, du tellure.* Note de M. **Georges Denigès**, présentée par M. Alexandre Desgrez.

Employés suivant la technique que nous allons faire connaître, le brome d'une part, l'iode de l'autre permettent de réaliser deux réactions d'identité, d'ordre microcristallin, caractéristiques du tellure.

1° *Action du brome.* — Le réactif bromé consiste dans une dilution au cinquième (en volume) de l'halogène dans le chloroforme.

Pour l'appliquer, on dépose sur une lame de verre quelques fines parcelles (une fraction de milligramme) du métalloïde à identifier et on les recouvre de deux gouttes de réactif apportées avec un tube à étroite effilure. Après 1 ou 2 minutes d'évaporation spontanée, on obtient un résidu de couleur jaune citron et d'odeur alliacée formé de tétabromure de tellure.

Pour en poursuivre l'examen, deux cas peuvent se présenter suivant la quantité relative du produit mis en œuvre et du réactif : ou bien ce résidu paraît sec, ou bien il conserve quelques plages humides. Dans ce dernier

cas, on passe 2 ou 3 fois la lame de verre dans une flamme et on laisse refroidir (¹).

Dans l'un et l'autre cas on verse, sur la préparation 1 goutte, plutôt un peu débordante d'un mélange de 2^{vol} de chloroforme et de 1^{vol} d'alcool à, au moins, 95°, et l'on porte le tout, jusqu'à dessiccation, sur une surface chauffée à 35°-40°. En explorant ensuite cette préparation, sans lamelle ($G = 150$ à 300 diamètres) on trouve, surtout dans les zones périphériques, un grand nombre de cristaux hexaédriques ou octaédriques, pour la plupart, de couleur jaune plus ou moins clair (sensibilité : $0^{mg},05$).

2° *Action de l'iode*. — Sur un petit assemblage de très fines parcelles de produit, d'un poids inférieur à 1^{mg}, pouvant descendre même à $0^{mg},05$, et placé sur une lame de verre à environ 2^{cm} de son bord le plus étroit, on dépose, à l'aide d'un tube de verre finement effilé, 3 ou 4 gouttes d'une solution au dixième d'iode dans l'alcool, sans intervention d'iodure de potassium.

On tient la lame à la main, en la manœuvrant de façon à ce que les gouttes s'étalent sur un plan aussi horizontal que possible, en tout cas de telle façon que le résidu demi-sirupeux, rouge brun qu'elles laissent, après une minute environ d'évaporation spontanée, soit d'épaisseur à peu près homogène, sauf aux extrémités où il est, en général, plus concentré.

Ce point atteint, on passe deux fois, sans trop de lenteur, la préparation dans la flamme d'un brûleur Bunsen. On constate que le résidu fonce d'abord puis tend à se décolorer, d'abord par places, en perdant son excès d'iode. Si cette décoloration est insuffisante, on repasse une autre fois la préparation dans la flamme, puis une fois encore si c'est nécessaire. Il est bon qu'il persiste encore quelques faibles plages colorées, indice qu'il n'y a pas eu de surchauffe. Elles tendent, d'ailleurs, à s'atténuer beaucoup et même à disparaître sous l'influence de la chaleur conservée par la lame de verre jusqu'à son refroidissement complet.

(¹) Parfois le résidu de cette première évaporation reste liquide, même après passage dans la flamme du brûleur. Dans ces conditions, on renouvelle ce passage, à plusieurs reprises consécutives, jusqu'à commencement de dessiccation sur les bords où l'examen au microscope montre, ainsi que dans les plages restées liquides, des cristaux très nets dont certains sont groupés et affectent un aspect feuillu. On poursuit alors l'évaporation dans les mêmes conditions, *en évitant toute surchauffe*. Quand elle est sensiblement complète, on ajoute le mélange alcool-chloroforme et termine comme plus haut.

La préparation est alors examinée à sec, au microscope, à un grossissement de 150 à 300 D. Dans le cas de la présence du tellure, on la trouve comme constellée de petits cristaux noirs (octaèdres à base carrée, petits prismes courts ou groupements stellaires de ces cristaux) formés de TeI^4. Ils sont insolubles dans CCl^4, véhicule qui permet de les laver sans les altérer et dans lequel ils peuvent être examinés sous lamelle, si l'on veut les regarder à un fort grossissement.

Par contre, ils sont solubles dans l'alcool et surtout dans l'acétone en un liquide jaune brun laissant, après évaporation, un enduit brunâtre contenant le produit cristallisé à nouveau et, le plus souvent, sous forme de cristaux plus volumineux et parfois groupés en feuilles de fougère.

L'ammoniaque, les alcalis caustiques, l'acide sulfurique dilué, l'acide chlorhydrique décomposent ces combinaisons bromées et iodées en mettant le tellure sous forme d'ion tellureux dans la solution duquel on peut régénérer le tellure par un réducteur approprié.

CHIMIE MINÉRALE. — *Anomalies de l'action de la vapeur d'eau ou de l'ammoniac sur le sodium ou l'hématoxyline.* Note de MM. **Paul Renaud** et **Georges Costeanu.**

Nous avons indiqué (¹) l'intérêt que présente l'étude de l'action d'un courant gazeux, sortant d'un tube capillaire, sur un solide situé dans un espace à pression réduite, où le libre parcours moyen est de l'ordre du centimètre. Nous avons étudié l'action obtenue dans ces conditions, en faisant passer un courant de gaz sur des produits susceptibles de réagir avec eux à la pression ordinaire.

Après divers essais, et notamment l'étude du réactif de Nessler en solution glycérique, nous avons décelé l'ammoniac par l'hématoxyline en solution glycérique et l'eau par le sodium, préparé suivant le procédé décrit dans la Note précédente (¹).

L'ammoniac, fourni par une solution de Divers, refroidie à température convenable, arrivait par un tube capillaire fin et long, ou gros et court, sur une plaque à l'hématoxyline, distante de quelques millimètres du tube capillaire. Une trompe Langmuir laissait une pression, variable avec la température de la solution de Divers. Cette pression variait entre un

(¹) Costeanu et Renaud, *Comptes rendus*, 202, 1936, p. 1511.

millième de millimètre et quelques centièmes. Le jet de gaz était en général perpendiculaire à la plaque.

Tous les essais montrèrent que la plaque à l'hématoxyline bleuit dès que l'ammoniac passe, quelle que soit la pression laissée par les pompes.

Alors que nous nous attendions à obtenir, en face de l'ouverture du capillaire, par où arrive le gaz, une coloration plus intense que sur les bords, nous avons constaté que la plaque bleuit de manière homogène. Cependant la distance du capillaire à la plaque était de quelques millimètres, tandis que la plaque mesurait plusieurs centimètres. Dans une expérience, la plaque avait vingt centimètres de long, et la distance du capillaire était de l'ordre du demi-centimètre. Or la diffusion de cette coloration bleue, dans une solution glycérique d'hématoxyline est extrêmement lente, et ne pouvait nullement influer sur les résultats.

Les résultats obtenus en faisant arriver l'eau sur le sodium nous surprirent plus encore. Le courant de vapeur d'eau, sortant du capillaire, semble protéger le sodium, au lieu de l'attaquer, et l'action commence loin de l'extrémité du capillaire, à dix centimètres, par exemple, tandis que le capillaire est situé à un centimètre de la surface de sodium.

Les capillaires utilisés avaient environ 15^{mm} de long et $6/10^{e}$ de diamètre intérieur. La vapeur d'eau est émise par un bloc de glace refroidi entre -80° et -5°. La pression, laissée par les pompes, variait de 1 à 600 millièmes de millimètre.

Le sodium est d'abord attaqué par l'eau, loin du capillaire. L'attaque de la couche se prolonge localement jusqu'à la disparition du sodium, tandis qu'elle se rapproche lentement du capillaire. Au bout d'un temps suffisant, qui varie suivant la température du bloc de glace, l'attaque peut se manifester même très près du capillaire, mais elle commence toujours par l'extérieur. Néanmoins, l'eau ne semble pas ronger le sodium en commençant par les portions à petits rayons de courbure. La première manifestation de l'attaque est le bleuissement d'une plage de quelques centimètres de long.

Diverses hypothèses ont été faites pour expliquer ce phénomène. Nous en signalerons deux. La première explique cette protection apparente du sodium par la présence de vapeurs de graisse dans la vapeur d'eau. Nous avons recommencé l'expérience en remplaçant la graisse des robinets par du graphite, les résultats ont été identiques; la protection du sodium n'est donc pas due à la graisse.

On peut se demander si ce phénomène n'est pas de nature électrique. Nous avons remplacé le tube capillaire de verre par un tube capillaire

métallique relié à la surface de sodium par un fil de cuivre. Le phénomène n'est plus aussi régulier; l'attaque se produit parfois à l'extrémité du capillaire.

Conclusion. — Dans cet ensemble d'expériences, nous avons constaté un phénomène inattendu, qui peut jouer un rôle important dans les opérations chimiques, en particulier, dans la catalyse. Nous recherchons son explication dans les travaux de Faraday (²), d'Armstrong et de leurs successeurs et dans les phénomènes électriques en relation avec les actions chimiques.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur la formation de carbures dans la décomposition thermique des alpha-éthoxyacides.* Note de M. **Maxence Meyer**, présentée par M. Marcel Delépine.

MM. Darzens et A. Lévy ont montré (¹) que les alpha-éthoxyacides de la série grasse se décomposent sous l'action de la chaleur en aldéhyde alcool et oxyde de carbone conformément à la réaction



$$R.CHOC^2H^5.COOH = RCHO + C^2H^5OH + CO.$$

Nous avons montré par la suite dans deux Notes (²) et (³), dont la première a été publiée en collaboration avec M. Darzens, que cette réaction de décomposition est absolument générale et qu'elle a lieu quand le radical est cyclique ou acyclique, saturé ou éthylénique. Cependant les rendements sont assez variables et ne dépassent que très rarement 70 pour 100. Celà tient à ce que l'aldéhyde formé est fragile et qu'elle se polymérise à la température de décomposition de l'acide. Cependant, après traitement du produit de la réaction et élimination des produits acides, on constate qu'au fractionnement, il passe en tête un liquide mobile, incolore, et distillant sans décomposition à la température ordinaire.

Il est en général impossible de l'identifier, car il se forme en trop petite quantité. Cependant nous avons pu faire cette identification en remarquant

(²) *Annales de Chimie et de Physique*, 3ᵉ série, 10, 1884, p. 88.

(¹) *Comptes rendus*, 196, 1933, p. 348.
(²) *Comptes rendus*, 196, 1933, p. 489.
(³) *Comptes rendus*, 204, 1937, p. 508.

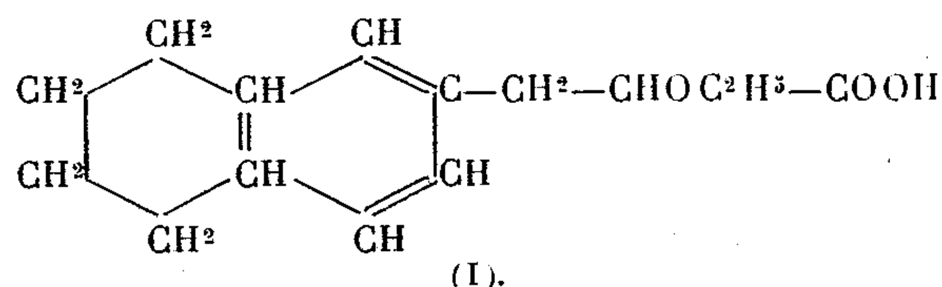
que, lorsque la décomposition est effectuée en présence de palladium, le rendement en aldéhyde baisse, tandis que celui du liquide de tête augmente. Ce liquide est un carbure de formule RH.

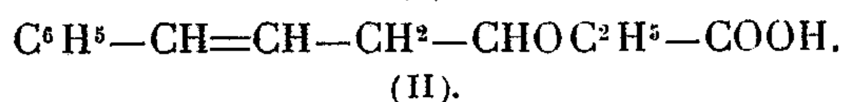
Pour expliquer cette formation de carbure, on peut admettre qu'une partie de l'aldéhyde qui se forme se décompose immédiatement en donnant de l'oxyde de carbone, mais on peut aussi admettre la décomposition de l'éthoxyacide en carbure, alcool et oxyde de carbone suivant la réaction



$$R{-}CHOC^2H^5{-}COOH = RH + 2CO + C^2H^5OH.$$

Comme nous l'avons montré dans les Notes précédentes, les acides étudiés ont été obtenus par saponification et décarboxylation des éthers éthoxymaloniques correspondants. Ce sont les acides tétrahydronaphtyl-éthoxypropionique (I) et cinnamyl-éthoxyacétique (II)





$$C^6H^5{-}CH{=}CH{-}CH^2{-}CHOC^2H^5{-}COOH.$$

(II).

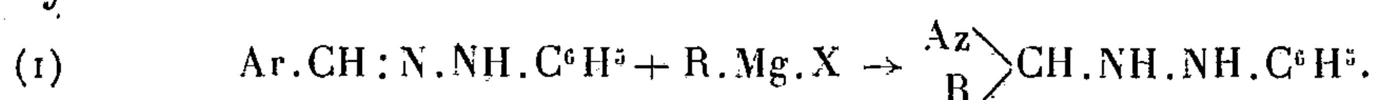
L'acide (I) n'était pas connu; il bout sans décomposition dans le vide à 165° sous 2^{mm}; son amide fond à 105° et son chlorure d'acide bout à 138° sous 3^{mm}. L'acide (II) a été décrit dans une Note précédente. Dans les deux cas, la proportion de carbure formé à la décomposition passe de 3-5 pour 100 à 15-20 pour 100 quand on ajoute le catalyseur.

La décomposition de l'acide (I) donne d'une part une aldéhyde tétrahydronaphtylacétique qui bout à 161°-162° sous 22^{mm} (semi-carbazone F = 199°-200°) et, d'autre part, une tétrahydrométhylnaphtaline déjà connue et bouillant à 225°-230° à la pression atmosphérique. Déshydrogénée par le soufre, cette dernière donne la bétaméthylnaphtaline, dont le picrate fond à 117°. Elle est donc parfaitement identifiée.

La décomposition de l'acide (II) donne le propénylbenzène, que l'on identifie par son dibromure de formule $C^6H^5.CHBr.CHBr.CH^3$ déjà connu et fondant à 64°,5-65°.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Action des organomagnésiens mixtes sur les phénylhydrazones des aldéhydes aliphatiques. Nouvelle méthode de préparation des alcoylphénylhydrazines symétriques.* Note de M. **Panos Grammaticakis**, présentée par M. Marcel Delépine.

J'avais montré ([1]) que les organomagnésiens mixtes agissent sur les phénylhydrazones des aldéhydes aromatiques en donnant des alcoylphénylhydrazines selon le schéma



$$(1)\qquad Ar.CH:N.NH.C^6H^5 + R.Mg.X \rightarrow {}^{Ar}_{R}\!\!>CH.NH.NH.C^6H^5.$$

En appliquant la même réaction aux phénylhydrazones des aldéhydes aliphatiques, j'ai constaté qu'elles réagissent également avec les magnésiens, avec formation des alcoylphénylhydrazines du type général

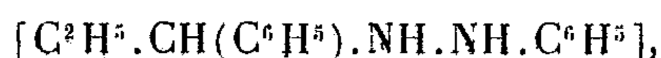


$$R'R:CH.NH.NH.C^6H^5\ (R' = H,\ \text{alcoyl};\ \ R = \text{alcoyl, aryl});$$

les rendements sont excellents dans tous les cas expérimentés.

Les principaux résultats obtenus au cours de ces recherches sont les suivants :

1° La phénylhydrazone de l'aldéhyde propionique, condensée avec $C^6H^5.MgBr$ fournit la N-*a*-phénylpropyl-N'-phénylhydrazine

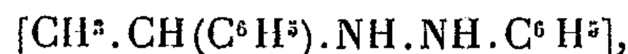


$$[C^2H^5.CH(C^6H^5).NH.NH.C^6H^5],$$

produit identique à celui qui est obtenu en traitant la phénylhydrazone de l'aldéhyde benzoïque par $C^2H^5.MgBr$. Ce résultat montre la généralité de cette méthode de préparation, ainsi que l'identité du comportement des halogénures d'alcoylmagnésium et d'arylmagnésium vis-à-vis des phénylhydrazones.

2° La même phénylhydrazone condensée avec $C^2H^5.MgBr$ donne la N-*a*-éthypropyl-N'-phénylhydrazine $[C^2H^5.CH(C^2H^5).NH.NH.C^6H^5]$, liquide jaunâtre, mobile, distillant à 138° sous 12^{mm} : son monochlorhydrate ($C^{11}H^{18}N^2.ClH$) fond vers 185° avec décomposition, sa monophénylurée ($C^{11}H^{18}N^2.OC:N.C^6H^5$) à 104°. Son dérivé monoacétylé ($C^{11}H^{18}N^2.CO.CH$) fond à 93° et distille à 193° sous 25^{mm}.

3° La phénylhydrazone de l'aldéhyde acétique, réagissant sur le $C^6H^5.MgBr$, fournit la N-*a*-phényléthyl-N'-phénylhydrazine



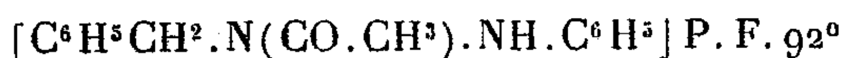
$$[CH^3.CH(C^6H^5).NH.NH.C^6H^5],$$

([1]) *Comptes rendus*, 202, 1936, p. 1289.

liquide visqueux, jaunâtre qui distille à 190° sous 12mm. Son monochlorhydrate ($C^{14}H^{16}N^2.ClH$) fond vers 202° avec décomposition, sa monophénylurée ($C^{14}H^{16}N^2.OC{:}N.C^6H^5$) à 187° et son dérivé monoacétylé ($C^{14}H^{16}N^2.CO.CH^3$) à 118°.

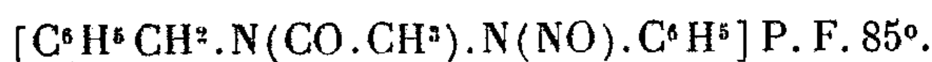
4° La même phénylhydrazone, condensée avec $C^2H^5.MgBr$, donne la N-*a*-éthyléthyl-N′-phénylhydrazine [$CH^3.CH(C^2H^5).NH.NH.C^6H^5$], liquide mobile, jaunâtre, distillant à 136° sous 12mm. Son monochlorhydrate ($C^{10}H^{16}N^2.ClH$) fond vers 195° avec décomposition, sa monophénylurée ($C^{10}H^{16}N^2.OC{:}N.C^6H^5$) à 139°. Son dérivé monoacétylé ($C^{10}H^{16}N^2.CO.CH^3$) distille à 177° sous 10mm.

5° Enfin, par la condensation de la phénylhydrazone de l'aldéhyde formique avec $C^6H^5.MgBr$, on obtient la N-benzyl-N′-phénylhydrazine [$C^6H^5.CH^2.NH.NH.C^6H^5$] P. F. 36°, identifiée par son chlorhydrate (P. F. 205°), son dérivé monoacétylé



$$[C^6H^5CH^2.N(CO.CH^3).NH.C^6H^5] \text{ P. F. } 92°$$

et son dérivé nitrosoacétylé



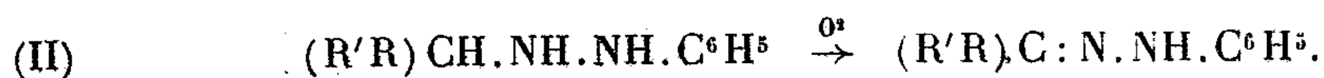
$$[C^6H^5CH^2.N(CO.CH^3).N(NO).C^6H^5] \text{ P. F. } 85°.$$

Cette dernière réaction présente de l'importance par le fait qu'elle permet d'obtenir la benzylphénylhydrazine, corps qui a été très étudié et dont la structure a été nettement établie. Ceci confirme, par suite, la constitution que j'attribue aux phénylhydrazines obtenues par cette méthode. Il est aussi à remarquer que dans cette réaction la phénylhydrazone de l'aldéhyde formique se comporte comme ses homologues supérieurs, phénomène assez curieux, et donne naissance à des produits de la forme générale



$$R.CH^2.NH.NH.C^6H^5.$$

Toutes ces alcoylphénylhydrazines symétriques s'oxydent facilement par l'oxygène atmosphérique dans les conditions ordinaires de leur obtention, avec formation des phénylhydrazones de cétones selon le schéma



$$\text{(II)} \qquad (R'R)CH.NH.NH.C^6H^5 \overset{O^2}{\rightarrow} (R'R)C:N.NH.C^6H^5.$$

Comme produits secondaires dans toutes ces réactions, on obtient, principalement, des phénylhydrazones de cétones (dont l'origine est évidente d'après le schéma II) et leurs produits de décomposition (cétones, aniline, phénylhydrazine).

Je poursuis l'étude de cette réaction.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Action de l'acide periodique sur les acides lactique et pyruvique*. Note de M. **Paul Fleury** et M[lle] **Suzanne Boisson**, présentée par M. Alexandre Desgrez.

L'un de nous a montré avec J. Lange (¹) que l'acide periodique pouvait oxyder, non seulement comme l'avait observé Malaprade, les polyols, mais encore réagir sur les acides polyhydroxylés. Ces derniers sont oxydés exactement comme les polyols, mais la fonction carboxyle est respectée. L'étude de l'action de cet oxydant sur l'acide tartrique, poursuivie avec M[lle] G. Bon-Bernatets, nous montra que le premier produit de l'oxydation de ce corps, c'est-à-dire l'acide glyoxylique, est lui-même attaqué, bien que plus lentement (ordre de 24 heures) et transformé quantitativement en acide formique et gaz carbonique par oxydation des deux fonctions contiguës (aldéhyde et acide); cette attaque, s'exerçant sur un corps ne présentant aucune fonction alcoolique, révélait ainsi un mode d'action nouveau de l'acide periodique; mais la rupture de la chaîne carbonée, qui paraît caractériser d'une façon fondamentale l'action de l'acide periodique, se retrouvait dans cette nouvelle réaction.

Nous avons été ainsi amenés à étudier l'action de l'acide periodique sur des acides présentant en position α soit une fonction alcool, soit une fonction aldéhyde ou cétone, et nous donnons ici les résultats obtenus avec l'acide lactique et l'acide pyruvique.

Comme l'acide lactique à froid n'est pas sensiblement attaqué, nous avons opéré à la température du bain-marie bouillant, la solution d'acide periodique ne subissant, dans les conditions où nous opérions qu'une faible décomposition, évaluée à l'aide d'une expérience témoin sans acide lactique.

Dans nos expériences, la concentration de l'acide lactique correspondait à une solution 0,05 à 0,025 M de ce corps et celle du réactif oxydant à une solution 0,4 à 0,1 M. Dans ces conditions, nous avons observé que, dans une première phase d'allure rapide (1 heure environ), la réduction d'une molécule d'acide periodique s'accompagnait de la formation, aux dépens de l'acide lactique, d'une molécule d'aldéhyde éthylique et d'un dégagement d'une molécule environ de gaz carbonique [voir équation (1)].

Mais à cette première phase vient s'en superposer une seconde, surtout dans le cas où l'on opère en flacon scellé; la réduction de l'acide periodique

(¹) *Comptes rendus*, 195, 1932, p. 1395.

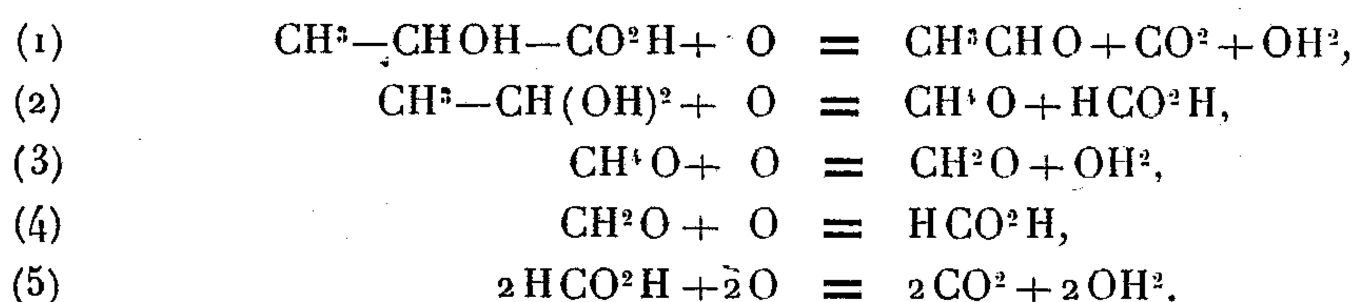
continue et ne tend à s'arrêter (24 jours) que lorsque le nombre de molécules de ce réactif consommé atteint presque 6. Ce terme correspond à une combustion complète de l'acide lactique.

L'étude du mécanisme de cette dégradation nous a montré que, au début de l'oxydation tout au moins, la teneur en produits aldéhydiques ne diminuait que très peu, malgré une consommation importante de réactif et l'apparition de corps acides. Ce fait inattendu s'explique par la formation simultanée, d'une part d'acide formique et d'autre part, d'aldéhyde formique qui vient remplacer partiellement l'aldéhyde éthylique transformé.

L'acide formique et l'aldéhyde formique ont été en effet nettement identifiés dans les produits de la réaction. Cherchant alors à rendre compte de cette formation d'aldéhyde formique, nous avons été amenés à penser que les premiers termes de l'oxydation de l'aldéhyde devraient être l'acide formique et l'alcool méthylique [transformation représentée par l'équation (2)]. Or il nous a été relativement facile de mettre en évidence, d'une façon indubitable, la formation de cet alcool dans les premières heures de la réaction.

Enfin nous avons vérifié que l'alcool méthylique, sous l'influence de l'acide periodique à chaud, donnait de l'aldéhyde formique, ce dernier luimême étant oxydé d'une façon plus aisée en acide carbonique et eau.

Le mécanisme de la dégradation de l'acide lactique peut donc se traduire par la série de réactions suivantes :



(1) $CH^3{-}CHOH{-}CO^2H + O = CH^3CHO + CO^2 + OH^2,$

(2) $CH^3{-}CH(OH)^2 + O = CH^4O + HCO^2H,$

(3) $CH^4O + O = CH^2O + OH^2,$

(4) $CH^2O + O = HCO^2H,$

(5) $2HCO^2H + 2O = 2CO^2 + 2OH^2.$

Si les trois dernières équations représentent des réactions d'oxydation banales, les deux premières sont remarquables, d'abord parce qu'on y retrouve le mode d'action caractéristique de l'acide periodique (rupture de la liaison carbonée) : ce mode d'action est évident dans l'équation (2); pour l'équation (1) cette interprétation s'impose également, car on ne peut admettre que dans une première phase l'acide lactique serait transformé en acide pyruvique qui, par décarboxylation, donnerait l'aldéhyde. En effet, l'étude de l'oxydation de l'acide pyruvique par l'acide periodique nous a montré que ce composé était facilement oxydable par ce réactif, mais donnait de l'acide acétique, corps résistant d'une façon *complète* à l'action de l'acide periodique.

En résumé, cette étude contribue à mettre en relief un caractère essentiel de l'action oxydante de l'acide periodique qui se manifeste par la rupture de la liaison carbonée, cette action spécifique s'exerçant non seulement sur une chaîne portant deux fonctions alcool contiguës (glycol) mais encore sur une chaîne où ces deux fonctions contiguës sont l'une un carboxyle, l'autre une fonction alcool, aldéhyde ou cétone et même sur une chaîne ne portant qu'une fonction aldéhyde (aldéhyde éthylique).

De plus, au point de vue pratique, cette oxydation de l'acide lactique peut être utilisée pour un dosage de ce corps, si l'on a soin d'entraîner par un courant d'air l'aldéhyde formé qui est capté dans une solution alcaline d'iodo-mercurate de potassium. L'oxydation de l'acide pyruvique, qui est plus facile (une demi-heure au bain-marie bouillant) que celle de l'acide lactique est également susceptible d'être utilisée pour un dosage de ce corps par évaluation de l'acide periodique consommé.

PHYSIQUE DU GLOBE. — *Transparence de l'air dans les régions arctiques.* Note de M. **Jacques Duclaux**, présentée par M. Charles Maurain.

Au cours d'un premier séjour dans les régions arctiques, Joseph Devaux avait été frappé de la remarquable transparence de l'air dans ces régions les jours de beau temps. A son second voyage, il avait emporté au Scoresby Sund un matériel photographique permettant la mesure des coefficients d'absorption de l'atmosphère, par visées sur le cap Brewster formé d'une falaise basaltique. Le temps n'ayant pas été favorable, deux séries seulement de clichés ont pu être utilisées; l'une faite en lumière verte, l'autre en lumière ultraviolette. Le ciel était ce jour (14 août 1933) sans nuage; la transparence avait été jugée moyenne.

J. Devaux n'ayant pu achever son œuvre, j'ai fait sur ses clichés les mesures nécessaires. Les résultats obtenus par la méthode antérieurement décrite [1] sont les suivants :

Température : 10°. Pression : 749^{mm}. Distance : 38400^{m}. Hauteur moyenne du rayon lumineux : 120^{m}.

Coefficient d'absorption pour la radiation $\lambda = 5410$, $1,78.10^{-7}$; $\lambda = 3700$, $7,46.10^{-7}$.

Ces nombres sont réduits à la densité normale de l'atmosphère. Ils sont

---

[1] *Journ. Phys.*, 6, 1935, p. 323 et 401.

remarquablement faibles. Dans une longue série d'observations, faite en France en août et septembre et s'étendant sur plusieurs années, je n'ai jamais constaté une transparence aussi grande. Elle correspond à une visibilité nette à la distance de 200^{km}; valeur qui est rarement atteinte, et seulement en hiver.

L'impression visuelle de J. Devaux est donc confirmée : dans les régions arctiques l'air est souvent d'une transparence remarquable. Ce résultat montre une fois de plus l'intérêt qu'il y aurait, pour l'étude des mouvements généraux de l'atmosphère, à étudier la transparence des couches voisines du sol. En effet, une masse d'air qui se déplace sans se mélanger à d'autres peut changer de température et de pression, mais elle emporte avec elle sa transparence, au moins tant qu'elle se réchauffe ou que, tout en se refroidissant, elle reste éloignée du point de rosée.

CYTOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *La mort par le gel de la cellule végétale dans l'azote liquide à* — 190°. Note (¹) de M. **Paul Becquerel**, présentée par M. Alexandre Guilliermond.

Par de nombreuses expériences dont les résultats ont été publiés ici, nous avons démontré que les cellules végétales à l'état d'anaéroanhydrobiose supportent sans geler les plus basses températures réalisées et peuvent conserver indéfiniment la puissance de revivre.

Or il restait un point important à élucider : comment les cellules végétales à l'état de vie active contenant une assez grande quantité d'eau, meurent en se congelant à une très basse température. Vont-elles se comporter comme les cellules des organismes qui gèlent pendant les hivers rigoureux et devra-t-on leur appliquer la théorie classique de la mort par le gel, où l'on admet que le froid agissant comme déshydratant provoque, par la plasmolyse la coagulation et la vacuolisation du cytoplasme et du noyau. Nos premières recherches ont porté sur les cellules épidermiques des écailles du bulbe de l'*Allium Cepa*.

Après avoir observé et repéré avec des traits à l'encre de Chine certaines cellules vivantes de lambeaux d'épiderme étalés sur des lames de verres, nous les avons plongées, en ménageant leur refroidissement dans l'azote liquide d'un cryostat ou d'un ballon de Dewar et nous les avons retirées en les dégelant lentement.

(¹) Séance du 19 avril 1937.

Les temps d'immersion ont été de 10 minutes, 24 heures, 3 semaines. Nous avons d'abord essayé de nous rendre compte au microscope de ce qui se passait dans les cellules au moment de la congélation. Nous y avons réussi, mais à un très faible grossissement, celui de 200 fois, en raison de l'épaisseur de la double paroi du verre du cryostat. Au travers du tube, nous avons vu les cellules dans l'azote liquide se congeler presque instantanément. Les membranes cellulaires restèrent transparentes. Le cytoplasme pariétal et le noyau se solidifièrent sur place en diminuant de volume, mais en conservant des fibrilles, les plages pariétales et le contour de la grande vacuole dans le suc cellulaire transformé en glace.

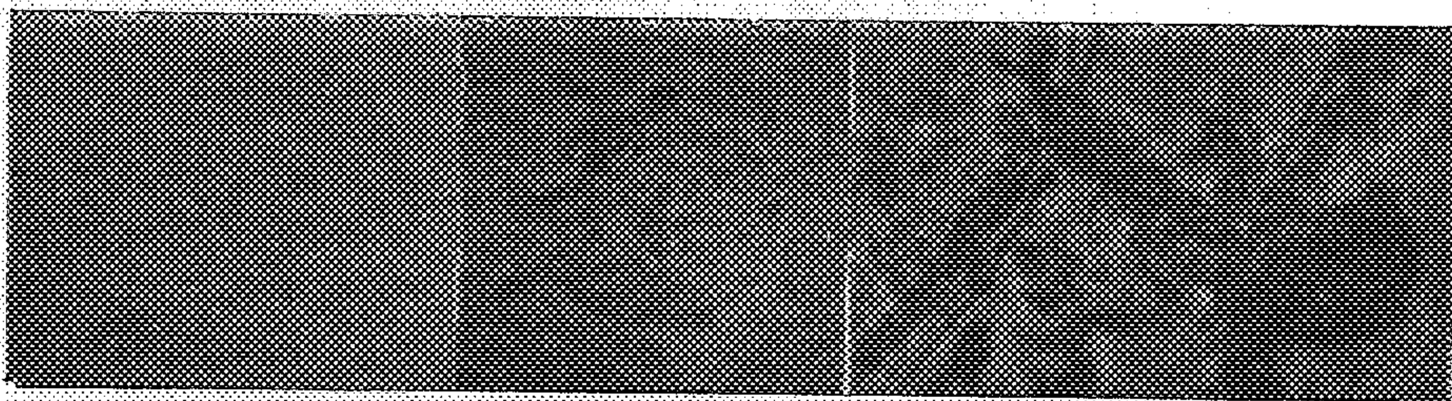
Une fois retirés de l'azote liquide, les lambeaux d'épiderme ont été ensuite examinés toujours à sec sans aucun liquide pour ne pas modifier les structures produites par le gel, a des grossissements plus forts entre 800 et 1200 fois. Les cellules et le noyau de certaines régions repérées et mesurées au micromètre avant l'immersion dans l'azote liquide ont été immédiatement retrouvées et remesurées.

Cellules repérées.	Dimensions avant.	Dimensions après.	Noyaux avant.	Noyaux après.
	Durée de congélation 10 minutes.			
1.............	112 × 24µ	96 × 20µ	10 × 8µ	9 × 8µ
2.............	80 × 28	68 × 16	16 × 8	8 × 4,2
3.............	56 × 28	48 × 20	8 × 8,2	5,8 × 4
	Durée de congélation 24 heures.			
1.............	64 × 24	56 × 16	16 × 8	8 × 4
2.............	96 × 24	84 × 18	10 × 8	8 × 6
3.............	120 × 22	104 × 17	16 × 8	8,2 × 8
	Durée de congélation 21 jours.			
1.............	128 × 48	112 × 40	20 × 16	9 × 12
2.............	200 × 14	176 × 52	24 × 22	16 × 14
3.............	118 × 21	110 × 16	16 × 8	8,5 × 8

Ces nombres indiquent une légère contraction de la cellule et une grande diminution de volume du noyau, qui sont indépendantes de la durée d'immersion dans l'azote liquide. Ce phénomène ne se produit donc qu'au début de la congélation. Les mesures ne doivent être faites que pendant le dégel, car la cellule, ayant perdu son hémiperméabilité et par conséquent sa turgescence, continue à se dessécher par évaporation comme une éponge. D'où vient cette perte de turgescence ? A-t-elle été produite à la suite d'une plasmolyse résultant, comme on l'admet, d'une sorte de puissante déshydratation par le froid.

Or, en examinant les cellules dégelées, toujours à sec entre lame et

lamelle, pour ne pas modifier les structures produites, j'ai constaté avec étonnement que le cytoplasma n'avait pas été plasmolysé. J'ai retrouvé dans la même situation le noyau contracté accolé à la paroi, le cytoplasme pariétal coagulé et étroitement appliqué aux angles de la membrane cellulaire, les grains lipoïdes, les mitochondries plus ou moins granulisées. Les basses températures auraient agi comme un fixateur. Les photographies ci-dessous montrent les modifications produites avant et après le gel.



Noyau vivant. Même noyau congelé. Cytoplasme congelé après synérèse à — 190°.

D'autre part l'étude de la cellule à l'ultra-microscope nous explique pourquoi après la congélation il n'y a pas eu de plasmolyse. Le gel initial homogène optiquement vide, saisi par le froid s'est transformé en un gel spongieux opaque avec diminution de volume et exsudation d'eau. Les particules colloïdales amicroniques du gel homogène vivant se sont séparées des molécules d'eau avec une telle rapidité qu'elles se sont altérées chimiquement et qu'au moment du dégel elles sont entrées en combinaison entre elles pour former les grosses micelles agglutinées du coagulum opaque du cytoplasme mort. Cette décomposition d'un gel colloïdale en deux phases, l'une représentée par un nouveau gel irréversible avec contraction de volume, et l'autre, un liquide, est un phénomène bien connu en chimie physique. C'est celui de la synérèse découverte par Graham et dont encore tout dernièrement ici M. Wielfried Heller nous apportait une systématique (¹).

La mort par la congélation de la cellule végétale à la basse température de l'azote liquide n'est donc pas due, comme on l'aurait supposé, à une plasmolyse intense provoquée par le froid, mais bien à un phénomène de synérèse que nous venons de déceler pour la première fois dans le cytoplasme et le noyau des cellules de l'épiderme de l'Oignon.

(¹) *Comptes rendus*, **204**, 1937, p. 770.

CHIMIE VÉGÉTALE. — *Sur la scoparine (scoparoside) du* Sarothamnus scoparius *Koch*. Note de MM. Marcel Mascré et René Paris, présentée par M. Maurice Javillier.

Stenhouse (¹), en 1851, retira des fleurs de *Sarothamnus scoparius* une substance jaune, de formule $C^{21}H^{22}O^{10}$, à laquelle il donna le nom de scoparine. Cette substance a été étudiée ultérieurement par Hlasiwetz (²), Goldsmidt et Hemmelmayr (³), Perkin (⁴), Hercig et Tiring (⁵), et, enfin, Hemmelmayr et Strehly (⁶). La formule actuellement admise est $C^{22}H^{22}O^{11}$ et la scoparine est généralement considérée comme un dérivé flavonique, possédant un groupement OCH^3. Pour la majorité des auteurs, ce n'est pas un hétéroside; seul, Perkin en fait un glucoside stable d'un éther méthylique de la lutéoline, sans d'ailleurs en apporter la preuve formelle. Devant cette contradiction, nous avons repris l'étude de cette substance.

La méthode de Stenhouse, employée avec de légères modifications par les autres auteurs, ne nous ayant pas donné de résultats satisfaisants, nous avons, après de nombreux essais, préparé la scoparine de la façon suivante :

Les fleurs de Genêt sont épuisées par l'alcool à 90° bouillant et les colatures concentrées en consistance d'extrait mou. Celui-ci est repris par l'eau bouillante; les liqueurs aqueuses filtrées sont lavées à l'éther qui enlève, entre autres substances, une matière colorante jaune de nature flavonique; elles abandonnent, par refroidissement, une masse gélatineuse brun clair. On reprend cette substance par l'éther acétique anhydre bouillant. Par refroidissement, il se forme des cristaux jaune clair qu'on essore, qu'on lave à l'éther et qu'on sèche dans le vide sulfurique. On purifie par recristallisation dans l'éther acétique ou dans l'alcool à 80°. Le rendement en scoparine non purifiée est d'environ 10 à 12g par kilogramme de fleurs sèches.

Le produit obtenu est une poudre microcristalline de couleur jaune

---

(¹) *Annal. der Chem. und Pharm.*, 88, 1851, p. 15.
(²) *Annal. der Chem. und Pharm.*, 138, 1866, p. 190.
(³) *Monats. für Chem.*, 14, 1893, p. 202; 15, 1894, p. 316.
(⁴) *Proc. Chem. Soc.*, 15, 1899, p. 123.
(⁵) *Monats. für Chem.*, 39, 1918, p. 253.
(⁶) *Monats. für Chem.*, 47, 1926, p. 379.

citron. Il est peu soluble à froid, beaucoup plus soluble à chaud, dans l'eau, l'alcool éthylique, l'alcool amylique, l'acide acétique, l'éther acétique, l'acétone, la pyridine. Il est insoluble dans l'éther, le chloroforme, le benzène. Il donne, avec le chlorure ferrique, une coloration vert noirâtre; il se colore en jaune plus foncé au contact des acides minéraux; il se dissout en présence des alcalis et des carbonates alcalins en donnant des liqueurs fortement colorées en jaune; l'addition d'un acide à ces liqueurs provoque la reprécipitation, avec décoloration partielle, de la scoparine. Par hydrogénation à l'aide du zinc et de l'acide acétique apparaît une coloration rouge qui passe dans l'alcool amylique. Le réactif de Liebermann donne une coloration verdâtre. La scoparine est précipitée de ses solutions aqueuses par l'acétate basique de plomb, mais non par l'acétate neutre.

La scoparine réduit légèrement la liqueur de Fehling; les auteurs qui nous ont précédés n'avaient pas observé cette réduction ou la rapportaient à des impuretés. Le nitrate d'argent ammoniacal n'est que très faiblement réduit.

La scoparine brûle sans résidu et ne renferme pas d'azote. A l'étuve à 100°, elle perd environ 7 pour 100 de son poids, en brunissant; dans le vide, à 60°, elle perd 7,22 pour 100 de son poids. La scoparine ainsi desséchée se réhydratant à l'air, la combustion a été faite sur le produit hydraté; les résultats de la combustion et de la détermination de l'eau de cristallisation conduisent à la formule $C^{22}H^{22}O^{11}, 2OH^2$. Cette substance fond au bloc Maquenne à 230°. Ni le point de fusion, ni la teneur en eau n'étaient définis avec précision dans les travaux antérieurs.

Diverses expériences, parmi lesquelles l'hydrolyse fermentaire, nous autorisent à considérer la scoparine comme un hétéroside, difficilement hydrolysable, formé de l'union d'un méthylpentose et d'un reste flavonique. La scoparine doit donc être désignée sous le nom de *scoparoside*.

Au point de vue physiologique, le scoparoside est légèrement hypotenseur. Le produit pur est dépourvu des propriétés diurétiques généralement attribuées à la scoparine et que nous avons retrouvées, peu marquées d'ailleurs, chez les produits incomplètement purifiés.

BOTANIQUE. — *Sur la double origine des riz cultivés et le centre de dispersion rizicole Ouest-africain.* Note de MM. **Auguste Chevalier** et **Pierre Viguier**, présentée par M. Louis Blaringhem.

On a cru longtemps que tous les riz cultivés dans le monde se rattachaient à l'espèce cultigène complexe *Oryza sativa* L., d'origine asiatique et dont la plupart des variétés dérivent de *O. fatua* Koenig, forme encore spontanée en Indochine, d'autres de *O. officinalis* Wall. (= *O. minuta* Presl.) et certaines des deux espèces hybridées.

En 1914, l'un de nous signala qu'il existait en Afrique Occidentale, spécialement dans la vallée du Niger et au sud du lac Tchad plusieurs riz spontanés très proches du riz cultivé d'Asie et de ses formes sauvages. L'un de ces riz, *O. glaberrima* Steudel, avait même été trouvé par nous à l'état cultivé chez quelques peuplades noires (1).

En 1931, R. Roschevicz, ayant fait la révision de nos riz d'Afrique conservés dans notre herbier, nommait *O. Stapfii* un riz demi-spontané à longs barbillons que nous avions rapporté du Soudan français et suggérait qu'il pouvait être l'ancêtre de *O. glaberrima* cultivé. Tel était l'état de la question lorsque l'un de nous, après avoir rassemblé ces temps derniers au Soudan et spécialement dans la zone d'inondation du Niger une importante collection de nombreuses variétés de riz cultivés par les Noirs, vint les comparer au Muséum avec les formes antérieurement étudiées. Un examen attentif de ces formes, qui avaient été rattachées jusqu'à ce jour pour la plupart à *O. sativa* L. nous montre qu'elles se rapportent en réalité à *O. glaberrima* Steudel.

Cette espèce diffère de *O. sativa* L. par ses panicules rigides formant des épis dressés et non penchés; les rameaux de la panicule en zigzag, le caryopse d'un rouge vif ou d'un rouge brun, tandis que dans les riz aziatiques la coloration varie du blanc pur au rouge pâle. Enfin, dans *O. glaberrima* les lemmas stériles (glumes des anciens botanistes) sont souvent très allongées et peuvent même dépasser l'épillet.

Nous avons pu étudier une cinquantaine de variétés de cette espèce, cultivée sur une aire très vaste, allant du Sénégal à la Nigéria et du Sahara à la Côte d'Ivoire. On peut les grouper en deux séries : les *O. glaberrima*

(1) Chevalier et Roerich, *Comptes rendus*, 159, 1914, p. 560-562.

vera Chev. à épillets complètement glabres et les *O. glaberrima confusa* Chev., qui ne diffèrent de la série précédente que par l'existence de poils plus ou moins hispidés sur les glumelles fertiles, ce qui les a fait confondre parfois avec les riz asiatiques.

L'espèce *O. glaberrima* Steudel présente des variations qui simulent certaines formes de *O. sativa* conformément à la loi des séries homologues formulée par N. I. Vavilov en 1923 : riz dressés de terrains exondés et de rizières, riz flottants (pouvant supporter des hauteurs de crue allant de 3 à 6^{m} dans la zone d'inondation du Niger et dans les mares d'hivernage), riz à épillets mutiques ou subaristés suivant les variétés, à épillets jaune paille ou noirs, à albumen entièrement amylacé ou riche en amylo-dextrine (riz subgluants), etc. Le temps nécessaire à la maturation oscille suivant les variétés entre 3 et 6 mois. Les riz hâtifs sont les moins exigeants en eau et les moins productifs. Ceux qui vivent dans les mares de la région lacustre alimentées par l'inondation du Niger portent le nom collectif de *Cobé* et donnent en moyenne 500^{kg} de paddy à l'hectare. Toutefois certaines variétés cultivées à Diré ont produit jusqu'à 3 tonnes à l'hectare.

L'*Oryza glaberrima* Steudel est cultivé sur les confins du Sahara depuis une époque très ancienne remontant probablement au néolithique, lorsque le Sahara était encore humide.

Le riz des Garamantes, dont parle Strabon, appartenait sans doute à cette espèce, car le riz asiatique n'a été introduit en Afrique que beaucoup plus tard. L'historien arabe Ibn-Batouta qui visita le royaume de Mali vers 1350 constatait que le Niger produisait beaucoup de riz; c'était sans nul doute du *glaberrima*.

Les variétés asiatiques appartenant à *O. sativa* ne furent apportées sur la Côte de Guinée par les Européens qu'à partir du XVe siècle. Leur pénétration vers le Soudan français ne se fit que très lentement. La mise en culture au Niger de certaines variétés se rattachant à *O. sativa* (notamment les variétés *Fossa*, *Mérékè*, *Bin' tou-bala*, *Fouta*) est toute récente. Cependant il s'est déjà produit des hybrides entre *O. sativa* et *O. glaberrima*. Toutefois les variétés pures appartenant à ce dernier groupe sont encore en grande prédominance dans les cultures indigènes. Certaines de ces variétés sont imparfaitement sélectionnées et une partie de leurs épillets tombent spontanément à maturité. Aussi on peut les récolter plusieurs années de suite sans nouvel ensemencement. Quant à *O Stapfii* Rosch., il semble que c'est une forme récessive qui est à *O. glaberrima* en Afrique ce que *O. fatua* est à *O. sativa* en Asie.

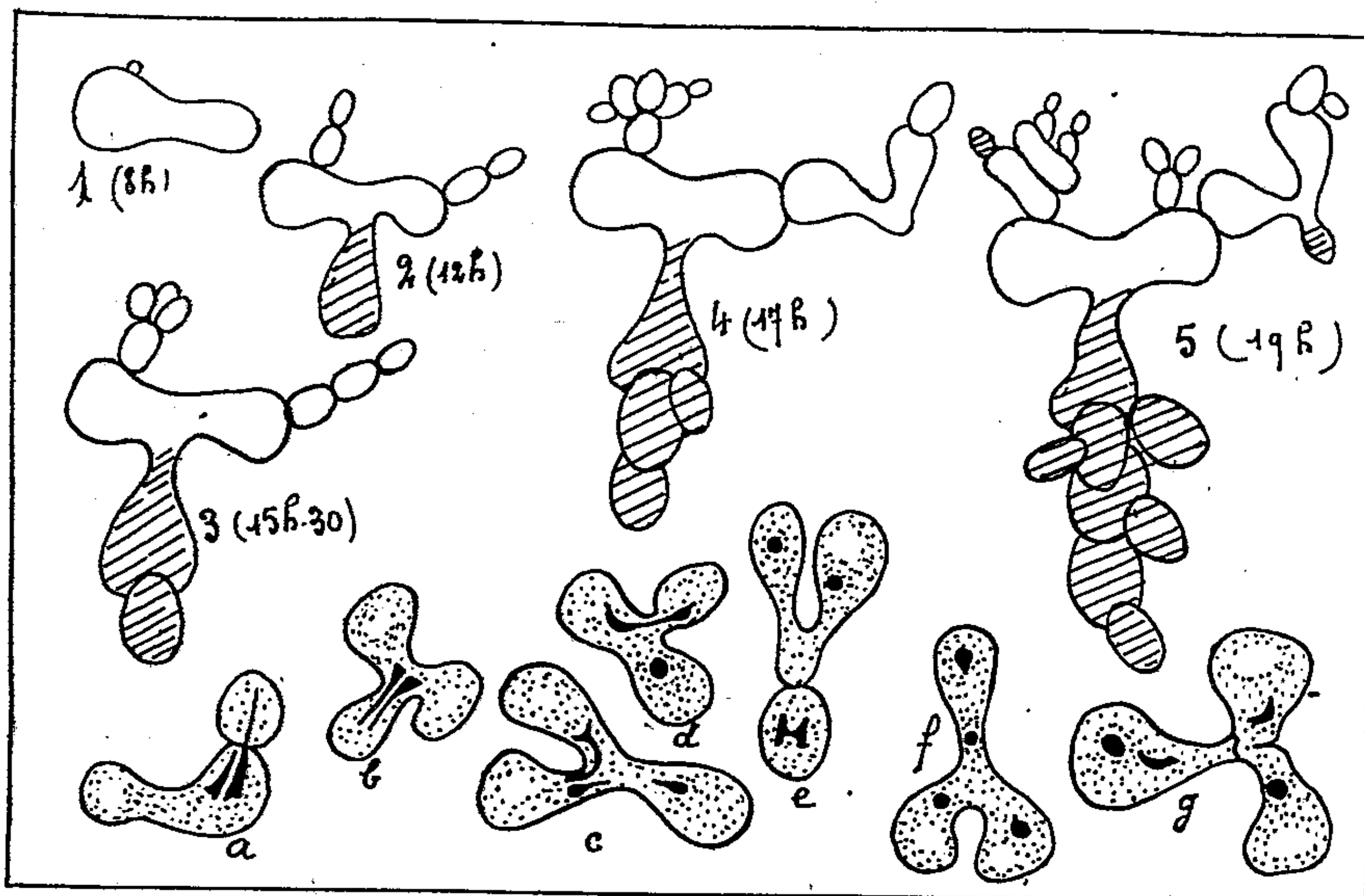
MYCOLOGIE. — *Sur un* Saccharomyces *présentant dans sa sexualité de curieuses anomalies dues à un état dicaryotique de ses zygospores.* Note de M. **Jean Renaud**, présentée par M. Alexandre Guilliermond.

Nous avons isolé des vins blancs de Pouilly-sur-Loire un *Saccharomyces* qui, par certaines anomalies de sa sexualité, présente un intérêt spécial.

Les ascospores, ensemencées en chambre humide de Van Tieghem et Le Monnier, peuvent se fusionner deux à deux et former ainsi des zygospores qui bourgeonnent en produisant des cellules diploïdes, mais, le plus souvent, elles germent directement : de petites cellules haploïdes apparaissent; ce sont celles-ci qui se conjuguent et donnent les zygospores aux dépens desquelles naissent des cellules diploïdes. Les cellules haploïdes issues des ascospores ne sont pas toujours en nombre pair. Lorsque les conjugaisons se forment, il en reste qui ne peuvent se fusionner faute de partenaire et vont continuer le bourgeonnement haploïde. Supposons, pour fixer les idées, qu'une ascospore ait donné naissance à trois cellules haploïdes *a*, *b*, *c*, et que la conjugaison s'opère entre *a* et *b*; il reste une cellule haploïde *c*. Souvent cette dernière refait plusieurs cellules haploïdes, par exemple *d* et *e*, avant que ne survienne une nouvelle conjugaison. Si celle-ci se produit entre *c* et *d*, il reste une cellule haploïde *e* qui pourra se comporter comme la cellule *c* et continuer le phénomène. Parfois il arrive que le milieu soit épuisé avant que les zygospores aient cessé de se former. Dans ces conditions, l'état de la culture est le suivant : les premières zygospores apparues ont produit des cellules diploïdes qui sporulent; les dernières zygospores n'ont pas bourgeonné, mais si la fusion nucléaire s'est réalisée, elles se transforment en asques, exactement comme les cellules diploïdes précédentes; enfin, il reste dans la culture quelques cellules haploïdes telles que la cellule *e* qui, après repiquage, vont se fusionner sur un nouveau milieu. Le développement de cette levure, assez délicat à suivre, n'offre jusqu'ici rien d'anormal et ressemble un peu à celui du *S. paradoxus* que Guilliermond a décrit récemment.

Mais si, en chambre humide, on suit la germination d'un très grand nombre de zygospores, on constate des anomalies très rares, mais très curieuses. Certaines zygospores bourgeonnent aussitôt et forment d'abord de petites cellules ayant les dimensions des cellules haploïdes et se comportant comme telles, puis apparaissent d'autres cellules plus grosses qui sont diploïdes. Les premières se conjuguent entre elles, produisent de

nouvelles zygospores qui bourgeonnent en donnant des cellules diploïdes, tandis que les secondes continuent leur bourgeonnement diploïde qui se terminera par la formation d'asques. Le phénomène est très rare et il faut suivre la germination de plusieurs centaines de zygospores pour le rencontrer. L'étude cytologique de la formation des zygospores va nous donner l'explication de ce résultat en apparence paradoxal. Rappelons que Guilliermond a constaté, dès 1911, dans la Levure de Johannisberg II, puis



Développement d'une zygospore ensemencée en goutte pendante. — 1, une petite cellule haploïde est en voie de formation; 2 et 3, de nouvelles cellules haploïdes se forment, tandis que sur le côté opposé apparaissent de grosses cellules diploïdes (figurées en hachures); 4 et 5, des cellules haploïdes se conjuguent et les cellules diploïdes croissent rapidement; *a* à *g* zygospores en voie de formation, fixées au picroformol et colorées à l'hematoxyline ferrique, montrant un dicaryon.

récemment dans le *S. paradoxus*, que la caryogamie dans les zygospores peut ne se produire que tardivement souvent lorsque le premier bourgeon est déjà formé, précédant ainsi immédiatement la division nucléaire. Il arrive aussi que les deux noyaux de la zygospore restent à l'état de dicaryon et se divisent simultanément pour envoyer deux noyaux-fils dans le bourgeon : c'est alors dans ce dernier qu'ils se fusionnent. Il y a une ébauche d'un dicaryon comme il s'en produit chez les Ascomycètes supérieurs. Or l'examen des zygospores de notre Levure, fixées au picroformol et colorées par hématoxyline ferrique, nous a permis de retrouver, sur quelques-unes d'entre elles, cette tendance à former un dicaryon. Dès lors on doit admettre que les zygospores dicaryotiques transportées sur un milieu frais,

à un moment où leurs deux noyaux haploïdes ne sont pas encore fusionnés, peuvent donner naissance d'abord, par suite des conditions spéciales du milieu, à de petites cellules haploïdes qui proviennent de la division de ces noyaux et sont capables de se conjuguer : la caryogamie se produit ensuite dans la première zygospore et les cellules diploïdes apparaissent.

L'examen cytologique montre, en effet, des zygospores, où les noyaux ne sont pas fusionnés et se divisent isolément vers des cellulesfilles en voie de formation.

En résumé, on voit donc que quelques zygospores transportés en milieu frais et contenant encore leurs deux noyaux sont capables de donner naissance à des cellules haploïdes aux dépens de ces noyaux. Ensuite, la caryogamie se produit et les cellules diploïdes apparaissent. Il y a donc d'abord, dans ces conditions particulières, dissociation du dicaryon. Nous ajouterons que ces faits, indiquant nettement une tendance à la production d'un dicaryon dans notre Levure, confirment le rapprochement établi par Guilliermond entre les Levures et les Exoascées du type *Taphrina epiphylla*.

MICROBIOLOGIE. — *Données sur la coloration et la morphologie de quelques virus dans le tissu des animaux.* Note de M. **Stefan Nicolau** et Mme **Léonie Kopciowska**, présentée par M. Félix Mesnil.

En traitant des coupes de tissu nerveux d'animaux, infectés expérimentalement avec le virus herpétique, par une méthode particulière, nous avons réussi à voir des éléments de petite taille et d'aspect bactérien. Nous avons trouvé des éléments semblables dans la rage, dans la maladie de Borna, dans la maladie d'Aujeszky et dans le zona zoster.

Les pièces, fixées au picroformol alcoolique, sont coupées à 4^{μ}-5^{μ} et immergées 30 à 60 minutes dans le colorant suivant : bleu de méthyle de Grübler $1^{g},5$, eau distillée 65^{cm^3}, alcool méthylique 35^{cm^3}, glycérine 5^{cm^3} et solution aqueuse d'acide oxalique à 3 pour 100, 5^{cm^3}. Elles sont bien lavées à l'eau et ensuite à l'alcool absolu. Sur les préparations lavées à l'alcool, on verse le colorant suivant : fuchsine acide $1^{g},5$, eau distillée 100^{cm^3}, acide oxalique à 3 pour 100, 2^{cm^3}. Après 10 à 20 minutes, on lave directement à l'alcool absolu et on monte.

Herpès. — Chez le lapin mort d'encéphalite herpétique conférée par inoculation sous-dure-mérienne, les noyaux de nombreuses cellules nerveuses et de cellules gliales du cerveau renferment des masses granu-

leuses disposées sous forme d'îlots ou remplissant de manière plus ou moins totale le noyau, et qui ont été interprétées par les auteurs comme de l'oxychromatine dégénérée. Grâce à notre coloration, nous voyons que ces masses sont constituées par de très nombreux éléments bien individualisés. Selon la finesse des coupes et la densité des éléments dans l'amas, ceux-ci apparaissent tantôt comme des coccus ronds, tantôt sous forme de diplo-cocco-bacilles, colorés en violacé, en bleu foncé ou en rouge, selon le temps de l'immersion plus ou moins prolongé de la coupe dans le colorant bleu ou rouge; dans les préparations réussies et dans les noyaux où les éléments, *que nous interprétons comme l'agent étiologique de l'herpès*, ne sont pas trop serrés les uns contre les autres, on voit que leur forme réelle est un bâtonnet.

Avec notre méthode de coloration, nous avons pu voir très bien les germes dans la kératite expérimentale du lapin. Mais le tissu qui se prête le mieux à l'étude morphologique de ces microorganismes est incontestablement le sciatique des animaux inoculés dans ce nerf même. On y voit les germes dans les *axones*, germes isolés ou contenus dans des gangues, parfois en amas, souvent disposés sous forme de lanières longues de 10 à 100$^{\mu}$ sur 4 à 8$^{\mu}$ de large; dans ces dernières formations surtout, ils apparaissent sous forme de bâtonnets fins et assez longs (0$^{\mu}$,1 à 0$^{\mu}$,2 sur 0$^{\mu}$,5 environ). Ils peuvent exister également entre les fibres nerveuses. Nons n'avons rien vu de semblable dans des nerfs normaux ou injectés avec des toxines microbiennes.

Rage. — Les germes rabiques (virus des rues ou virus fixe), étudiés par les mêmes méthodes dans le nerf sciatique des lapins, sont semblables aux germes herpétiques. Nous les avons toujours vus sous forme de bâtonnets fins, ou, plus rarement, sous forme de coccus ou de diplo-cocco-bacilles. Ils sont dans les nerfs périphériques inoculés et dans leurs racines nerveuses, à l'intérieur des fibres nerveuses et dans les axones mêmes, en amas ou en lanières. On peut les mettre en évidence également dans les racines nerveuses du nerf opposé à celui inoculé, ainsi que dans les axones des ganglions spinaux et dans la substance blanche de la moelle. Les petits bâtonnets sont, à notre avis, les agents étiologiques de la rage.

Autres virus. — Le tissu nerveux, les nerfs en particulier, d'animaux (lapins, singes) morts de la *maladie de Borna*, étudié dans les mêmes conditions, montre des éléments plus épais et moins bacilliformes que ceux trouvés dans l'herpès et dans la rage. Les germes de la *maladie d'Aujeszky*, dans le noyau des neurones des ganglions spinaux des lapins inoculés par

voie intrasciatique, dans le nerf même ainsi que dans le noyau des cellules épithéliales de la plante des cobayes infectés par voie intraplantaire, ressemblent beaucoup aux éléments trouvés dans l'herpès. Ajoutons que nous avons pu mettre en évidence les germes du *zona* dans le noyau des cellules malpighiennes de la peau malade de l'homme; morphologiquement, ces microorganismes ressemblent également à ceux qui provoquent l'herpès.

Conclusions. — Les éléments plus ou moins bacilliformes trouvés dans les tissus d'animaux atteints d'herpès, de rage, de maladie de Borna, de maladie d'Aujeszky et de zona, nous paraissent représenter les agents étiologiques de ces infections. Ils n'existent pas dans les tissus sains. Le fait que nous les trouvons dans les axones aussi bien que dans le noyau des cellules, semble écarter l'hypothèse d'arterfacts ou de produits cellulaires. D'ailleurs les dimensions des virus de ces maladies, déterminées par l'ultrafiltration, ont été fixées de 150$^{m\mu}$ à 200$^{m\mu}$. Il n'est donc pas étonnant qu'on puisse les mettre en évidence avec une technique appropriée, surtout si l'on considère que les membranes des ultrafiltres laissent passer, d'un mélange d'éléments de tailles variables, les formes les plus petites et que notre coloration augmente considérablement les dimensions de ces germes.

IMMUNOLOGIE. — *De l'immunisation de la poule contre le sarcome par la voie intracutanée.* Note de MM. **Alexandre Besredka** et **Ludwik Gross**, présentée par M. Antonin Gosset.

Deux faits dominent les recherches que nous poursuivons sur les tumeurs malignes : ce sont, d'une part, l'affinité élective du principe néoplasique à l'égard de la peau et, d'autre part, la vaccination à volonté contre ces tumeurs par la voie intracutanée. Il y avait lieu de se demander si ces faits sont propres seulement au sarcome et à l'épithélioma de la souris (Ehrlich) et à l'épithélioma du lapin (Brown-Pearce), sur lesquels avaient jusqu'ici porté nos expériences, ou bien si nous sommes en présence de phénomènes d'ordre général, s'appliquant aussi à d'autres tumeurs malignes.

Pour nous en rendre compte, nous nous adressâmes au sarcome de Rous, qui diffère des tumeurs en question par la présence démontrée d'un virus. Voici brièvement les faits observés au cours de ces recherches :

I. Nous avons introduit la tumeur à des poules tantôt sous la peau, tantôt dans la peau. Lorsque nous administrions à nos animaux des doses

massives ($0^{cm^3},20$ d'une émulsion à 10 ou 20 pour 100, par exemple) nous provoquions des tumeurs chez toutes les poules, aussi bien chez celles inoculées sous la peau que dans la peau; toutes finissaient par succomber en présentant d'énormes tumeurs au lieu de l'injection et souvent des métastases dans les viscères. Par contre, en cas de doses très faibles ($0^{cm^3},01$ d'une émulsion à 2 pour 1000 à 3 pour 100), les animaux réagissaient différemment suivant la voie de la pénétration du virus : la voie intracutanée se montrait beaucoup plus sensible que la voie sous-cutanée.

Dans une expérience portant sur cinq poules dont trois injectées avec une faible dose dans la peau et deux autres sous la peau, dans des conditions apparemment identiques, seules ont donné des tumeurs les poules injectées dans la peau. Il est vrai que la différence a été notablement moins tranchante dans d'autres expériences.

En d'autres termes, la poule, tout comme la souris et le lapin, se montre notablement plus réceptive à l'égard du principe néoplasique inoculé dans la peau qu'à celui introduit sous la peau.

Les poules injectées sous la peau ou dans la peau avec des doses faibles peuvent ne pas réagir du tout; elles se comportent dans la suite comme des poules neuves, c'est-à-dire qu'elles contractent des tumeurs, lors d'une nouvelle inoculation, ce que nous avons déjà observé antérieurement chez la souris et le lapin.

Dans une autre série d'expériences, au lieu de faire des injections dans la peau, nous nous sommes contentés de pratiquer des piqûres à la peau : une aiguille d'un très petit diamètre (4/10 ou 5/10) est trempée dans une émulsion de 1 à 10 pour 100; pour ne pas traverser la peau, seule, la pointe est introduite. Les piqûres sont faites, d'ordinaire, après épilation, au niveau de la peau du cou. A la suite de ces piqûres, nous voyons apparaître des tumeurs d'autant plus volumineuses que l'émulsion employée est plus chargée.

II. Autre fait important, qui rapproche la tumeur de la poule employée dans nos expériences de celle de la souris, est que la tumeur sous-cutanée de la poule, une fois formée, continue à se développer et la tue au bout de quelques semaines.

Il en est tout autrement des tumeurs intracutanées. L'issue de la maladie est ici subordonnée à la dose administrée par injection ou piqûre : les doses massives tuent les poules, tout comme après l'injection sous-cutanée; mais, si la dose est faible, la tumeur intracutanée est susceptible de se résorber. En voici deux expériences parmi les plus récentes.

Expérience 1. — Le 19 février, nous introduisons à sept poules, dans la peau, $0^{cm^3},01$ d'une émulsion de sarcome à 1 pour 100. Toutes ces sept poules deviennent positives 15 jours plus tard. Sur ces sept poules, deux résorbent leurs tumeurs; la troisième présente encore aujourd'hui une tumeur en voie de régression; les quatre autres succombent à des métastases.

Sur les cinq poules injectées sous la peau dans les mêmes conditions, trois deviennent positives et succombent; les deux autres ne réagissent pas du tout.

Expérience 2. — Le 20 janvier, on injecte $0^{cm^3},05$ d'une émulsion à 3 pour 100 à trois poules. Dix à onze jours plus tard, ces poules réagissent par des petites tumeurs intracutanées. Chez deux d'entre elles, les tumeurs atteignent le volume d'un petit pois, puis ces tumeurs se résorbent complètement dans les trois à quatre semaines qui suivent. (Chez la troisième poule, la tumeur, qui a été en voie de régression, fut cautérisée au thermocautère; aussi nous n'en tenons pas compte pour le moment.)

La résorption de la tumeur une fois terminée, nous assistons, comme c'est le cas pour toute tumeur maligne, à l'immunité de l'animal. Cette immunité est rendue particulièrement solide, si l'on procède à une nouvelle inoculation intracutanée, plus forte que la première fois. Nos poules, ainsi vaccinées, furent éprouvées dans la suite par les voies intracutanée, sous-cutanée et intramusculaire à des doses mortelles pour les témoins.

Notons que Rous et Murphy (1) et, après eux, d'autres auteurs ont signalé chez la poule la résorption spontanée de certaines tumeurs sous-cutanées ou intramusculaires dans des cas, il est vrai, exceptionnels; cette résorption a été suivie, comme pour toute tumeur spontanément résorbée, d'une immunité. Nous devons faire remarquer que, dans nos expériences portant sur plus d'une centaine de poules, la tumeur était douée d'une virulence si accusée que jusqu'à présent nous n'avons pas observé une telle résorption.

En résumé, les poules, auxquelles on inocule le sarcome de Rous, à une faible dose, réagissent différemment, suivant que l'injection est faite sous la peau ou dans la peau.

Inoculé sous la peau, le virus du sarcome donne lieu tantôt à une tumeur qui augmente continuellement et tue l'animal; tantôt le virus ne se développe pas et, dans ce dernier cas, l'animal peut être considéré comme neuf : il se comporte comme tel lors de la réinoculation.

A la suite d'une inoculation dans la peau, dans le cas où la dose est trop petite, l'animal reste indemne et se comporte, lors de la réinoculation, comme s'il était neuf; dans le cas où la tumeur intracutanée fait son apparition, elle peut progresser et tuer l'animal ou elle se résorbe et confère à l'animal une immunité des plus solides.

---

(1) *Journ. of Exper. Med.*, 15, 1912, p. 270.

ANATOMIE PATHOLOGIQUE. — *L'activité cancérigène du méthylcholanthrène.* Note [1] de M. **Paul Valade**, présentée par M. Emmanuel Leclainche.

De tous les carbures cancérigènes étudiés au cours de ces dernières années, le méthylcholanthrène est un des plus intéressants, en raison d'une part de sa haute activité cancérigène, d'autre part de ses affinités de structure chimique avec les acides biliaires dont on peut l'extraire.

Hormis les Mémoires de Shear et Ilfeld en Amérique, peu de recherches ont été entreprises sur l'activité cancérigène du méthylcholanthrène.

Nous nous sommes proposé d'étudier le pouvoir cancérigène du méthylcholanthrène vis-à-vis de l'appareil respiratoire. 50 rats ont été divisés en lots de 5 et ont été soumis à des injections intra-trachéales de 1/10e de centimètre cube d'une solution huileuse à 1 pour 500 de méthylcholanthrène, les injections étant espacées de 5 jours en 5 jours et les animaux de chaque lot recevant un nombre d'injections égal au numéro du lot.

Sur les 50 animaux en expérience, 14 ont été atteints de *sarcomes péritrachéaux* ou de *rhabdomyosarcomes* de l'*œsophage*, soit un pourcentage de 28 pour 100 *de cancer provoqué.* Ce pourcentage aurait certainement été plus élevé, car il y a lieu de tenir compte des animaux morts prématurément en cours d'expérience d'affections intercurrentes, animaux sur lesquels les néoplasmes auraient peut-être évolué.

Le délai d'apparition des tumeurs a oscillé entre un minimum de 25 jours et un maximum de 5 mois. On peut assigner à 3 mois la durée moyenne nécessaire à l'évolution d'un cancer macroscopiquement visible, mais il paraît certain que le corps exerce son action cancérigène d'une manière beaucoup plus précoce dans l'intimité des tissus, ainsi que le prouve l'apparition d'un sarcome développé en 25 jours.

Les caractères macroscopiques peuvent être rattachés à deux types :

Dans le premier type, la tumeur s'est développée au pourtour immédiat de la trachée et l'extension de la néoplasie, de volume parfois considérable par rapport à la taille de l'animal, a eu pour effet, soit de repousser la trachée, en la déviant de son trajet normal, soit d'exercer sur la trachée et même l'œsophage une compression telle que ces deux conduits n'arrivaient plus à exercer leurs fonctions.

---

[1] Séance du 19 avril 1937.

Le deuxième type est nettement œsophagien; tantôt la tumeur forme une volumineuse masse se détachant excentriquement par rapport à l'œsophage, tantôt ce dernier est hypertrophié dans toute son étendue.

Histologiquement, on a identifié : 5 sarcomes et 1 fibrosarcome de la région péritrachéale; 1 sarcome, 1 rhabdomyome et 6 rhabdomyosarcomes de l'œsophage.

Les sarcomes présentent une grande diversité morphologique. L'étude des particularités histologiques des rhabdomyosarcomes œsophagiens est pleine d'intérêt. La présence d'éléments géants s'est révélée avec une constance remarquable. Ces plasmodes, qui atteignent parfois des dimensions énormes, affectent les formes les plus variées. Ils contiennent de 2 à 10 noyaux dont la répartition est des plus capricieuses : tantôt entassés les uns sur les autres, tantôt disposés en file. Enfin, certaines de ces cellules géantes ont un endoplasma à texture dense et un exoplasma nettement réticulé.

Les noyaux présentent également une grande variété morphologique : on rencontre de nombreux noyaux géants à membrane nucléaire festonnée; la chromatine est souvent rassemblée en blocs volumineux.

Enfin, sur certaines tumeurs, on a pu suivre la transformation *in situ* des fibres striées de la musculature œsophagienne en éléments indifférenciés se rapprochant du type sarcomateux. On voit les fibres striées s'étirer, puis se morceler; les noyaux quittent leurs positions marginales pour gagner la partie centrale du sarcoplasma. La mise en évidence des myofibrilles devient de plus en plus difficile au fur et à mesure que la dédifférenciation se poursuit; seule, la coloration de Mallory permet d'en découvrir en très petit nombre.

A 15h35m l'Académie se forme en Comité secret.

COMITÉ SECRET.

La Commission chargée de dresser une liste de candidats à la place de Membre libre vacante par le décès de M. *J. Charcot* présente, par l'organe de M. le Président, la liste suivante :

En première ligne........... M. **Louis Martin**.
En seconde ligne............ M. **Camille Gutton**.
En troisième ligne........... M. **Jacques Duclaux**.

Les titres de ces candidats sont discutés.
L'élection aura lieu dans la prochaine séance.

La séance est levée à $16^h 10^m$.

A. Lx.

ERRATA.

(Séance du 1er mars 1937.)

Election d'un Correspondant pour la Section de Botanique :

Page 637, ligne 7, *au lieu de* M. Georges Nicolas, *lire* M. Gustave Nicolas.

(Séance du 19 avril 1937.)

Note de MM. *André Meyer* et *Paul Heimann*, Nouvelle méthode de synthèse des dérivés de la 2.4-dihydroxyquinoléique (4-hydroxycarbostyrile) à partir des éthers maloniques et des amines aromatiques :

Page 1206, ligne 12 à partir du bas, *au lieu de*


$N - C^6H^4 - NH^2 - CO - CH^2 - COOC^2H^5$,

lire


$X - C^6H^4 - NH^2 - CO - CH^2 - COOC^2H^5$.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

Ouvrages reçus pendant les séances de mars 1937 (*suite et fin*).

Historique de la pêche dunkerquoise à la morue, sur les côtes d'Islande, sur le grand banc de Terre-Neuve, et dans les mers du Nord, par Henri du Rin, tome 1. Dunkerque, imprimerie du « Nord maritime », 1936; 1 vol. $21^{cm},5$.

L'œuvre coloniale d'Henri Jumelle, par le Dr P. Choux, in *Annales du Musée colonial de Marseille*, deuxième fasc., Marseille, Faculté des sciences, Musée colonial, 1935; 1 fasc. $25^{cm},5$.

Carte pluviométrique du Grand-Duché de Luxembourg, par A. Gloden. Luxembourg, Ed. Huss et Cie; 1 pl. $68^{cm},5 \times 52^{cm},5$.

Das Gallium, par Erich Einecke. Lepzig, Leopold Voss, 1937; 1 vol. 24^{cm}.

Atlas der Analysen-Linien der wichtigsten Elemente, par Fritz Löwe. Dresden und Leipzig, Theodor Steinkopff, 1936; 1 vol. 23^{cm}.

Ouvrage relatif à l'agriculture, par A.-A. Lasarev (en langue russe). Moscou, 1936; 1 fasc. 26^{cm}.

Faculdade de ciências de Lisboa, primeiro Centenário da fundação da Escola Politécnica de Lisboa 1837-1937, fasc. 1, *A Escola Politècnica de Lisboa,* par Pedro José da Cunha; fasc. 3, *Escola Politécnica de Lisboa, A 2A Cadeira e os sens professores* (*calculo infinitésimal*), par Pedro José da Cunha; fasc. 6, *Escola Politécnica de Lisboa. A Cadeira de geometria descritiva e os sens professores*, par Luiz Guilherme Borges de Sequeira; fasc. 7, *Escola Politécnica de Lisboa. A 10A Cadeira e os sens professores* (*economia politica, principios de direito administrativo e comercial*), par Arnaldo Cardono Ressano Garcia. Lisboa, 1937; 4 fasc. 25^{cm}.

University of London (1836-1936). *Centenary Commemorative Volume.* London, Chiswick Press Ltd, 1936; 1 vol. 25^{cm}.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 3 MAI 1937.

PRÉSIDENCE DE M. EMMANUEL LECLAINCHE.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Président** souhaite la bienvenue à M. **Alexandre Baykoff**, membre de l'Académie des Sciences de l'U. R. S. S. et à M. **Béla de Kerékjártó**, professeur à l'Université de Szeged, qui assistent à la séance.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Synthèse de la cyanamide par oxydation du glucose et de l'ammoniac.* Note de MM. **Richard Fosse** et **Roger de Larambergue.**

L'oxydation permanganique alcaline des substances organiques, en présence d'ammoniac, forme avec dégagement thermique, non seulement des corps d'énergie potentielle et d'activité chimique nulles ou faibles (eau, gaz carbonique, urée), mais aussi les deux plus puissants agents de synthèse connus des principes naturels, l'*aldéhyde formique* et l'*acide cyanhydrique* [R. Fosse (1)].

Ces deux substances unicarbonées posséderaient une importance biologique capitale, puisque, d'après plusieurs biochimistes, elles seraient les premiers termes de l'assimilation chlorophyllienne du carbone et de l'azote.

De nouvelles synthèses de l'acide cyanhydrique ont été obtenues par J. Parrod en oxydant les sucres à l'aide des sels cuivriques ammoniacaux (2).

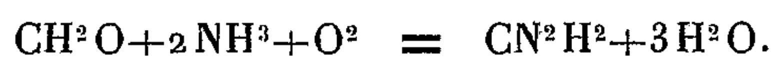
---

(1) *Comptes rendus*, **173**, 1921, p. 370; R. Fosse et A. Hieulle, *ibid.*, **174**, 1922, p. 39 et 1021; R. Fosse, *ibid.*, **202**, 1936, p. 445.

(2) *Comptes rendus*, **200**, 1935, p. 1884 et **201**, 1935, p. 993.

Le formol, qui, par oxydation permanganique ammoniacale, peut produire l'acide cyanhydrique, le cyanate d'ammonium et l'urée en proportions considérables, joue le rôle de terme précurseur intermédiaire de ces trois corps dans l'oxydation des substances organiques ([3]).

Cet aldéhyde, produit constant de l'oxydation d'une foule de dérivés du carbone ([4]), oxydé en présence d'ammoniac, engendre la cyanamide [R. Fosse et P. De Graeve ([5])]



$$CH^2O + 2NH^3 + O^2 = CN^2H^2 + 3H^2O.$$

Puisque la cyanamide se détruit en milieu permanganique ammoniacal en donnant naissance à l'acide cyanhydrique, à l'acide cyanique et à l'urée, elle est le terme précurseur intermédiaire qui engendre ces trois corps dans l'oxydation du formol, ainsi que le montre le schéma [R. Fosse et P. de Graeve ([5])]



$$CH^2O \xrightarrow[-2H^2O]{+2NH^3+O^2} CN^2H^2 \xrightarrow{+O} CNH \xrightarrow{+O} CONH \xrightarrow{+NH^3} NH^2CONH^2.$$

1. La présente Note établit que la cyanamide se forme aussi par oxydation ammoniacale de l'aliment carboné que nous consommons le plus abondamment, *le glucose*.

Cette synthèse révèle très vraisemblablement l'origine et le mécanisme de la formation d'importants principes naturels, reproduits artificiellement aux dépens de la cynamide : guanidines, créatine, créatinine, arginine.

Contrairement à ce qui a lieu dans le cas du formol, la cyanamide n'est pas directement précipitable par le nitrate d'argent ammoniacal de la solution contenant les produits de l'oxydation du glucose. Elle ne se trouve donc pas à l'état libre dans nos expériences actuelles, mais sous la forme d'une combinaison encore inconnue.

2. OXYDATION DU GLUCOSE ET DE L'AMMONIAC. — Dans un vase en verre pyrex, à paroi mince, refroidi extérieurement par circulation d'eau froide, muni d'un thermomètre et d'un agitateur à ailette pouvant tourner rapidement, contenant : glucose (10^g), ammoniaque concentrée (40^{cm^3}), eau pour obtenir le volume de 200^{cm^3}, introduire en 3 à 4 minutes, en agitant aussi rapidement que possible, du permanganate de potassium pur, finement pulvérisé (40^g). La température s'élève et atteint au maximum 75°. Dès que le

([3]) R. FOSSE, *Comptes rendus*, **168**, 1919, p. 1164; **169**, 1919, p. 91; *Bull. Soc. Chim.*, 4e série, **29**, 1920, p. 158-205.

([4]) R. FOSSE, *Comptes rendus*, **202**, 1935, p. 445; *L'Urée*, Paris, 1928, p. 175.

([5]) *Comptes rendus*, **202**, 1936, p. 799.

permanganate est complètement détruit, ajouter de l'azotate de calcium anhydre pulvérisé (25^{g}), refroidir la mixture brune, épaisse, par de la glace et la centrifuger à 8 ou 9000 tours à la minute.

3. ISOLEMENT DE LA CYANAMIDE. — *Action du nitrate d'argent.* — Tandis qu'au contact de ce réactif, les produits de l'oxydation ammoniacale du formol précipitent directement des flocons jaunes de cyanamide d'argent (impure), ceux du glucose n'en donnent point, dans les mêmes conditions.

La liqueur d'oxydation, déféquée par le nitrate de calcium, additionnée de nitrate d'argent solide, se trouble puis abandonne un précipité blanc, brunissant. Si, après centrifugation, on traite celui-ci, refroidi, par de l'acide nitrique *n* glacé, la liqueur nitrique pourvue de nitrate d'argent et d'ammoniaque, n'abandonne pas de précipité jaune.

Action de l'oxyde d'argent. — Le mélange, à volumes égaux, de solutions équimoléculaires de nitrate d'argent et de potasse *n* ou 2*n*, permet de libérer et d'isoler aisément la cyanamide formée dans l'oxydation du glucose et de l'ammoniaque.

La quantité de précipité argentique jaune, insoluble dans l'ammoniaque, est extrêmement faible ou même nulle, si l'on recherche la cyanamide dans le dépôt produit par l'oxyde d'argent, aussitôt après sa préparation et non chauffé. Elle devient incomparablement plus importante si l'on abandonne le précipité argentique plusieurs jours à lui-même, à la température du laboratoire ou si on le porte quelques minutes à 100°.

Expérience a. — Des tubes à centrifuger pyrex reçoivent : liqueur d'oxydation du glucose et de l'ammoniaque (20$^{cm^3}$), liqueur titrée de nitrate d'argent 2*n* (10$^{cm^3}$), liqueur de KOH 2*n* (10$^{cm^3}$). Après mélange intime, centrifuger; décanter le liquide; laver plusieurs fois à l'eau le dépôt.

Expérience b. — Plonger un tube dans la glace; triturer son contenu avec assez de NO^3H *n* refroidi pour que le mélange soit nettement acide; centrifuger et filtrer dans un vase entouré de glace; alcaliniser par l'ammoniaque : un précipité blanc, plus ou moins teinté de jaune apparaît. Il disparaît si l'on ajoute assez d'ammoniaque concentrée. Après plusieurs heures dans la glace, la solution abandonne quelques flocons volumineux jaune grisâtre. On obtient un corps de la même teinte jaune que la cyanamide pure par dissolution de la substance dans NO^3H *n* froid, addition de NO^3Ag solide, puis d'ammoniaque.

Expérience c. — Placer un troisième tube, 10 minutes au bain-marie bouillant; le refroidir; épuiser son contenu par NO^3H *n*, alcaliniser fortement par NH^3 concentrée la liqueur nitrique : un précipité volumineux jaune de cyanamide d'argent se sépare aussitôt.

PHYSIQUE BIOLOGIQUE. — *Sur l'activité optique des sérums et des solutions de leurs protéines séparées par la méthode de l'acétone à froid.* Note de MM. **Charles Achard**, **Augustin Boutaric** et de Mme **Madeleine Roy**.

Nous avons comparé les rotations optiques produites pour les radiations jaunes et vertes du mercure par divers sérums et par les solutions aqueuses des protéines extraites de ces sérums à l'aide de la méthode de l'acétone à froid de M. Maurice Piettre, le volume des solutions étant égal au volume des sérums d'où les protéines étaient extraites. Afin d'obtenir des solutions de protéines parfaitement limpides, on a procédé de la manière suivante : chaque échantillon de l'ensemble des protéines dont nous disposions avait été extrait par M. Piettre d'un volume de sérum égal à 20^{cm^3}; on l'introduisait dans un flacon de 25^{cm^3} et on l'additionnait d'environ 20^{cm^3} d'eau; les protéines se gonflaient et se dissolvaient, mais la solution obtenue était toujours légèrement trouble; elle devenait parfaitement claire par addition de 1^{cm^3} de solution normale de soude qu'on neutralisait aussitôt après par 1^{cm^3} de solution normale d'acide chlorhydrique, et l'on complétait le volume à 25^{cm^3} par addition d'eau; l'addition consécutive de soude et d'acide chlorhydrique revenait en définitive à dissoudre les protéines dans une solution de chlorure de sodium à $3^g,6$ par litre et nous avons vérifié, par des expériences antérieures, que la présence de chlorure de sodium sous de telles concentrations ne modifie en rien l'activité optique des solutions de protéines.

En définitive, nous avons comparé du point de vue de leur activité optique : 1° les sérums ; 2° les protéines extraites de 20^{cm^3} de ces sérums et dissoutes dans un volume de 25^{cm^3} ; la loi de Biot s'appliquant rigoureusement aux solutions de protéines, tout au moins dans les limites des concentrations envisagées, il était facile d'en déduire les rotations optiques ramenées à un volume des solutions protéiniques égal au volume des sérums d'où elles étaient extraites. Les rotations r_1 et r_2 ont été mesurées sur une épaisseur de 10^{cm} pour les radiations jaunes et vertes du mercure ($\lambda_1 = 0^{\mu},079$, $\lambda_2 = 0^{\mu},546$).

Nous avons également étudié les solutions obtenues en diluant de moitié les sérums et les solutions précédentes de protéines dans une solution de soude N/5 de manière à réaliser dans les deux cas un milieu solvant de concentration décinormale en soude ; les rotations observées pour un

milieu solvant de concentration décinormale en soude et ramenées par application de la loi de Biot à des concentrations en protéines identiques à celles des sérums, ont été désignées par r'_1 et r'_2 (1).

Les expériences ont porté sur 1° un sérum de taureau manceau de 3 ans (A); 20^{cm^3} de sérum avaient fourni un poids total de protéines égal à $1^g,56$; 2° un sérum de bœuf normand de 5 ans (B); 20^{cm^3} de sérum avaient fourni un poids total de protéines égal à $1^g,65$; 3° un sérum de bœuf manceau de 4 ans (C); 20^{cm^3} de sérum avaient fourni un poids total de protéines égal à $1^g,81$.

Tableau I. — *Comparaison des rotations optiques produites par les sérums et les solutions de leurs protéines* (10^{cm}).

Nature des échantillons.	r_1.	r_2.	r'_1.	r'_2.
A. Sérum...............	4°,10	4°,70	6°,50	7°,20
Protéines extraites....	4	4,50	6,40	7
B. Sérum...............	4,16	4,85	6,80	7,70
Protéines extraites....	4,15	4,75	6,70	7,40
C. Sérum...............	4,74	5,56	6,90	7,80
Protéines extraites....	4,75	5,55	6,90	7,80

Le Tableau II donne, pour les longueurs d'onde λ_1 et λ_2, les valeurs absolues des pouvoirs rotatoires moyens (lévogyres) de l'ensemble des protéines sériques provenant des trois sérums examinés dans un milieu solvant constitué par l'eau (ρ_1 et ρ_2) et par une solution décinormale de soude (ρ'_1 et ρ'_2).

Tableau II. — *Pouvoir rotatoire moyen des protéines sériques.*

Provenance des protéines.	ρ_1.	ρ_2.	ρ'_1.	ρ'_2.
A....................	51,28	57,69	82,05	89,74
B....................	50,33	57,57	81,21	89,69
C....................	52,48	61,32	76,24	86,18

Que les protéines soient dissoutes dans l'eau (plus exactement dans une solution de chlorure de sodium à $3^g,6$ par litre) ou dans un milieu déci-

(1) Autrement dit, toutes les valeurs des rotations indiquées dans le Tableau I représentent les rotations produites dans diverses conditions par des solutions dont l'unité de volume renfermerait des quantités de protéines égales à celles que contiennent les sérums ou à celles qui en ont été extraites par la méthode à l'acétone.

normal en soude, on voit par le Tableau I que les rotations produites par les sérums ou par les solutions des protéines séparées des sérums à l'aide de l'acétone à basse température peuvent être regardées comme identiques, les faibles écarts constatés étant attribuables aux légères pertes inséparables des manipulations expérimentales et dues notamment à l'entraînement de traces de protéines par les solvants utilisés pour les lavages ([2]).

On peut en déduire :

1° Que l'emploi de l'acétone à froid n'entraîne aucune altération ou dénaturation des protéines, car toute dislocation ou condensation de leurs molécules se traduirait par une variation de l'activité optique. C'est là, certainement, un des arguments les plus convaincants qu'on puisse invoquer pour justifier la méthode de séparation des protéines par l'acétone à froid proposée par MM. Piettre et Vila, développée et étendue ensuite par M. Piettre. Cette constatation, ajoutée à quelques autres signalées antérieurement, nous paraît de nature à éliminer définitivement les craintes qu'on aurait pu avoir concernant l'emploi de l'acétone pour l'extraction des protéines et permet, croyons-nous, d'affirmer qu'aux basses températures préconisées par M. Piettre, l'acétone respecte entièrement l'intégrité des molécules protéiniques;

2° Que dans le sérum les diverses protéines se comportent comme si elles existaient à l'état de molécules séparées agissant chacune pour son propre compte sur le pouvoir rotatoire. C'est ce qui résulte d'une part de l'égalité des rotations optiques du sérum et des solutions de ces protéines ramenées au même volume, d'autre part de l'additivité des rotations optiques fournies par le mélange en proportions quelconques des diverses protéines sériques (albumine, globuline, myxo-protéine) que nous avons constatée directement aux cours de plusieurs séries de mesures.

([2]) Les écarts apparaissent encore comme d'importance moindre si l'on tient compte que le pouvoir rotatoire du sérum n'est pas dû uniquement aux protéines qu'il renferme (M. Paič et V. Deutsch, *Comptes rendus*, 200, 1935, p. 978); après avoir précipité les protéines de sérum de lapin par addition d'un volume égal d'acide acétique N/25 et chauffage en tube scellé 10 minutes à 100° C., ont constaté que le pouvoir rotatoire du sérum déprotéiné varie de 0° à — 0°,16, la valeur moyenne étant — 0°,07.

AVIATION. — *Sur la recherche des avions perdus en mer.*
Note de M. GEORGES CLAUDE.

On sait quels lendemains de cruelle incertitude suivent ces drames de l'aviation où un noble équipage et parfois un Mermoz, gloire du pays et de l'humanité, disparaissent dans les flots jusqu'à ce que d'autres équipages, risquant à leur tour leur vie si le temps est mauvais, aient perdu tout espoir...

J'ai pensé qu'il serait peut-être possible de supprimer, sinon hélas ! ces accidents, du moins la période cruelle qui les suit, en faisant en sorte que l'appareil sinistré écrive lui-même son sort en s'abattant dans l'eau, par la production automatique d'une tache colorée, de grande visibilité et d'une stabilité lui permettant de résister même au mauvais temps.

Certains colorants organiques paraissent posséder un pouvoir colorant suffisant à cet effet, puisqu'ils peuvent teinter d'une façon appréciable 10 millions de fois leur poids d'eau et plus; de tous ceux qui m'ont été procurés, le meilleur paraît être la fluorescéine, si employée déjà dans les recherches hydrologiques.

Grâce au Ministère de la Marine, au Centre des Sous-Marins, au Laboratoire du Centre d'Études et aux Services d'aviation maritime de Toulon, j'ai pu entreprendre à ce sujet quelques essais.

Le premier a été effectué le 19 janvier 1937 par le sous-marin *Thétis*. On a jeté du bord, par mer tranquille, vers la presqu'île de Giens, 1^{kg} de fluorescéine sous sa forme acide, extrêmement peu et très lentement soluble, mélangée à de la poudre de liège qui s'étend à la surface de l'eau; mais la dissolution était si lente que seulement une fraction de $1/5^e$ environ de la matière, ajoutée sous forme de sel de soude soluble, a dû être utile.

Cependant, on a formé ainsi une tache irrégulière de 200^m environ de diamètre, que les avions ont observée jusqu'à 4^{km} environ. L'observation était surtout facile du côté opposé au Soleil. J'ai moi-même observé la tache en « saucisse »; dès que l'angle visuel atteignait 3 à 4 pour 100, elle tranchait extrêmement par son vert clair sur le bleu de la mer. *La Thétis*, passant en plongée sous la tache après 1 heure et demie, ses hublots à 4^m de profondeur, s'est trouvée dans une eau vert intense, révélant une diffusion en profondeur regrettablement rapide; cependant la tache s'est maintenue pendant 3 heures et demie, puis, la mer étant devenue fortement clapotante, elle s'est dissipée.

Ces premiers résultats m'ont montré que, malgré notre infinie petitesse vis-à-vis de la mer, mon espoir n'était pas chimérique. D'autres essais m'ont alors fait voir que la fluorescéine n'est pas exempte d'un défaut que possèdent plus gravement encore d'autres colorants : ses solutions très étendues sont rapidement décolorées par le soleil; une solution à 1/1 000 000e, déjà très colorée, exposée à un pâle soleil d'avril, se décolore en 3 heures.

Il faut donc faire en sorte, dans le dispositif adopté, que la solution colorée *se reconstitue constamment*, et *en surface*, pendant tout le temps désiré. En raison de ce mécanisme d'ailleurs, la tache sera peu sensible au gros temps et le pouvoir colorant très bien utilisé.

Après beaucoup de tâtonnements, je suis arrivé au procédé suivant. De petits cylindres de jonc, de 10 à 12^{mm} de diamètre sur 20^{mm} de long, sont forés d'un trou central de 5^{mm}, dans lequel on cale 0^g,2 de fluorescéine soluble entre deux petits tampons de coton, destinés à freiner la sortie de la fluorescéine. Il est facile d'obtenir une durée de sortie de 12 heures à vitesse sensiblement constante, et l'on peut doubler ce temps en perçant le trou *borgne* et ne mettant qu'un tampon. Cette diffusion est assez lente pour que le filet liquide, pourtant très coloré, qui en résulte, ne descende, en eau calme, que très lentement par gravité, et se mélange facilement à l'eau superficielle s'il y a la moindre agitation.

Le jonc est peu coûteux; des moyens convenables permettraient de faire et de charger des milliers de ces cylindres pour 1 centime à peu près par unité, fluorescéine en plus. J'estime qu'il en faudrait 50000, et 10^{kg} de fluorescéine, pour un avion de la ligne d'Amérique du Sud, beaucoup moins pour les autres.

Mais, si ces joncs étaient libérés d'un coup à la chute de l'avion, ils s'agrégeraient les uns aux autres par attraction, et la tache ne pourrait beaucoup se développer.

Il faut que ces 50000 joncs, répartis par exemple en quatre boîtes, soient libérés de chaque boîte les uns après les autres sur une longue trajectoire. A cet effet, ces boîtes, d'abord bien plus légères que l'eau, sont projetées en surface lors de l'accident avec les flotteurs de liège dont elles sont solidaires. Après un certain temps, percées de quelques trous et lestées dans le bas, elles se remplissent d'eau et coulent au bout de la corde de 0^m,50 à 2^m (différente pour chaque boîte) qui suspend chacune d'elles à son flotteur. Cette corde s'attache intérieurement au fond de la boîte, et en sort à travers le couvercle tronconique par un orifice de 3^{cm} de diamètre. Les mouvements de la corde dans l'orifice, dus à l'agitation du flotteur par l'eau, rompent

continuellement l'obturation de l'orifice par les joncs et les libèrent un à un; ceux-ci, dès qu'ils sont en surface, obéissant plus au courant superficiel et au vent que le flotteur freiné par la boîte, s'en éloignent en une longue traînée, sans trop risquer de s'agglomérer. Les boîtes s'éloigneront aussi les unes des autres d'après la longueur de leurs cordes, en raison de la variation rapide du courant superficiel avec la profondeur. On cherchera à augmenter encore la dispersion en variant le diamètre ou la densité des joncs et leur prise au vent, quitte à charger les plus gros de doses de fluorescéine plus fortes. En principe donc, les quatre traînées, très longues sauf par vent nul, et d'ailleurs élargies par la diffusion, seront continuellement nourries par des milliers de joncs sur une partie de leur longueur, quel que soit l'état de la mer; de plus, cette coloration intense d'une mince couche d'eau superficielle se traduira à chaque vague par de beaux effets de fluorescence, également favorables à la visibilité à distance.

Le 23 avril 1937, ce dispositif a été essayé au large du Cap Sicié par le sous-marin *Le Vengeur*.

On a employé 2^{kg} de fluorescéine soluble, en quatre boîtes de chacune 2500 joncs à deux tampons, mais les effets constatés sont dus seulement aux deux tiers de cette quantité, le troisième tiers imprégnant des cylindres d'une autre constitution, dont l'effet a été fugitif.

A 9^h40^m, les boîtes sont mises à l'eau. Quelques rares moutons, mais houle importante. Beau soleil. Pas de brume. Peu de vent. Quelques minutes après, du kiosque du sous-marin (5^m au-dessus de l'eau), la tache encore petite se voit nettement à 500^m.

A 10^h10^m, plongée sous la tache, les hublots à 6^m au-dessous de l'eau: on traverse une nappe assez fortement colorée. Cette diffusion rapide en profondeur tient sans doute au 1/3 de fluorescéine rapidement libérée par la mauvaise série de joncs. Au sortir de plongée, la tache agrandie s'aperçoit très bien du kiosque à 2^{km}, malgré l'angle visuel très petit. Des avions l'observent aussi, de tous les azimuts et à différentes hauteurs.

10^h54^m deuxième plongée: les hublots sont à 12^m sous l'eau; nous traversons de l'eau peu colorée. Ce semble être la limite de la diffusion verticale à ce moment.

A 11^h30^m, revenus en surface, nous côtoyons la tache formée de 4 traînées dont l'ensemble, mesuré par notre vitesse, est limité par un rectangle d'environ 800^m sur 300. Mouillons en rade de Bandol pour déjeuner.

A 13^h50^m, retour aux taches. Les moutons ont beaucoup augmenté. L'agitation de la mer est considérée comme supérieure à la moyenne. Les joncs sont surtout concentrés au front de chaque traînée, ce qui est

mauvais et doit tenir en partie à ce que les quatre flotteurs, dont les cordes sont à tort égales, malgré le frein que constitue la boîte qu'ils remorquent, ont une vitesse comparable à celle des joncs. L'inconvénient serait facile à éviter. Taches toujours visibles du kiosque à la même distance de 2^{km} maximum, surtout avec le soleil dans le dos.

A 15^h, la coloration persiste, les cylindres *jettent* toujours; cependant une des traînées faiblit.

15^{h}15^m. Les autres taches faiblissent.

15^{h}47^m. Toutes ont disparu, sauf une encore assez visible.

Conclusion. — Pendant 6 heures, les taches, par mer plus agitée que la moyenne, sont restées visibles, de $1^{km},5$ à 2^{km} du kiosque du sous-marin, de 12 à 15^{km} en avion. La surface réelle fortement colorée était de l'ordre de 800^m sur 150. Comme on n'a réellement utilisé que $1/8^e$ de la fluorescéine admissible pour un avion de la ligne Dakar-Natal, il semble que, sans autres perfectionnements, on puisse espérer former des taches d'une surface totale utile double, visibles de 15^{km} pendant 12 ou 15 heures, constituées en général par des traînées de plusieurs kilomètres. Mais il y a des possibilités d'amélioration : par exemple, les joncs pourraient ne commencer à être libérés que quelques heures après la chute, après dissolution d'un bouchon en matière soluble.

Comme on connaît en général approximativement les parages d'un de ces sinistres, il semble donc que, sauf le brouillard et la nuit, le procédé puisse rendre des services.

Il semble aussi que d'autres applications puissent être envisagées. Il n'est pas impossible qu'un avion contraint d'amerrir par grosse mer puisse augmenter ses chances d'être secouru en libérant ses boîtes.

Je remercie les différents Services publics que j'ai mentionnés de leur précieuse collaboration, et je me permets d'espérer que ces essais, pour lesquels je suis peu compétent, seront continués par les services intéressés.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les formules de quadrature à coefficients non négatifs et abscisses équidistantes.* Note [1] de M. SERGE BERNSTEIN.

Considérons les formules de quadrature

$$(1)\qquad \int_{-1}^{+1} f(x)\,dx = \sum_{i=0}^{n} C_i f(x_i); \qquad x_i = \frac{2i-n}{n}, \qquad C_i \geqq 0$$

[1] Séance du 19 avril 1937.

exactes pour tous les polynomes de degré $2l-1$, où l est un nombre entier donné. Je pose le problème de déterminer le nombre $N(l)$, tel que pour toute valeur $n \geqq N(l)$ il existe des formules de la forme (1).

On a d'abord :

THÉORÈME I. — *Si $\beta_1 < \beta_2 < \ldots < \beta_{l-1}$ sont les racines de la dérivée $P'_l(x)$ du polynome de degré l de Legendre relatif au segment $(-1, 1)$, il est nécessaire, pour que la formule (1) soit possible, que l'on ait*

$$n > \frac{2}{1+\beta_1} > \frac{(l-1)(l+3)}{4}. \tag{2}$$

Il en résulte, en particulier, que *les coefficients de la formule classique de Cotes* (correspondant à $l=[n/2]+1$), *ne peuvent être tous de même signe, pour aucune valeur de n pair à partir de $n \geqq 8$, et pour n impair à partir de $n \geqq 11$.*

Posons d'autre part $(a > 0)$

$$F(x, a) = (x-1)[P_l(x) + a(x+1)P'_l(x)],$$
$$\Phi(x, a) = (x+1)[P_l(x) + a(x-1)P'_l(x)] = (-1)^{l+1}F(-x, a).$$

Soient $\xi_1 < \xi_2 < \ldots < \xi_l$ et $\eta_1 < \eta_2 < \ldots < \eta_l$ les racines intérieures au segment $(-1, 1)$ de $F(x, a) = 0$ et $\Phi(x, a) = 0$, respectivement, $(\eta_i + \xi_{l-i+1} = 0)$. On vérifie sans peine que

$$-1 < \xi_1 < \gamma_1 < \eta_1 < \ldots < \beta_{k-1} < \xi_k < \gamma_k < \eta_k < \beta_k < \ldots < \gamma_l < \eta_l < 1,$$

où γ_i correspondant à $a=0$ et β_i correspondant à $a=\infty$ sont les racines respectives de $P_l(x)=0$ et $P'_l(x)=0$. De plus, en remarquant que

$$\left\{\begin{aligned} \frac{d\xi_k}{da} &= \frac{\xi_k^2-1}{1-\xi_k+a[al(l+1)+1](1+\xi_k)} < 0, \\ \frac{d\eta_k}{da} &= \frac{1-\eta_k^2}{1+\eta_k+a[al(l+1)+1](1-\eta_k)} > 0, \end{aligned}\right. \tag{3}$$

on voit que, pour a croissant de 0 à ∞, ξ_k décroît de γ_k à β_{k-1} et η_k croît de γ_k à β_k. Il en résulte qu'à chaque valeur de x $(-1 < x < 1)$, il correspond une valeur unique a $(0 \leqq a \leqq \infty)$, tel que x est racine de l'une des équations $F(x, a) = 0$ ou $\Phi(x, a) = 0$. On peut en déduire :

THÉORÈME II. — *Soit*

$$\int_{-1}^{+1} f(x)\,dx = \sum_{i=1}^{m} p_i f(y_i) \qquad (-1 \leqq y_1 < y_2 < \ldots < y_m \leqq 1;\ p_i > 0),$$

une formule de quadrature exacte pour tous les polynomes de degré $2l-1$. Si y_i^0 est la racine voisine de y_i (par exemple, $y_i^0 > y_i$) satisfaisant à la même

équation $F(x, a)=0$ [*ou* $\Phi(x, a)=0$] *que* y_i, *on a nécessairement* $y_i<y_{i+1}\leqq y_i^0$, *le signe d'égalité ayant lieu seulement dans le cas où tous les* y_i *sont racines de la même équation* $F(x, a)=0$ [*ou* $\Phi(x, a)=0$].

On peut tirer de là un procédé général de construction de formules de quadrature à coefficients positifs qui, pour le but que nous poursuivons, peut être présenté sous la forme du théorème III.

Théorème III. — *Si les abscisses* y_i *de la formule*

$$\int_{-1}^{+1} f(x)\,dx=\sum_{i=1}^{l-1} p_i[f(y_i)+f(-y_i)]+p_l f(0)$$

applicable à tous les polynomes de degré $2l-1$ *satisfont aux inégalités*

$$-1\leqq y_1<\gamma_1<\ldots<y_{2k}<\beta_k<y_{2k+1}<\gamma_{k+1}<\ldots<0,$$

et de plus $y_i^0<y_{i+2}$, *tous les coefficients* p_i *sont nécessairement positifs.*

Si l'on veut obtenir pour les abscisses y_i des valeurs rationnelles avec le même dénominateur M, on posera $y_{i+2}=y_i^0+\theta_i/M$, où $0\leqq\theta_i<1$, et l'on devra prendre M assez grand pour que tous ces déplacements successifs soient compatibles avec les conditions du théorème III. En utilisant les équations différentielles (3) et en tenant compte de l'inégalité $1+\gamma_i>i^2/(l+1)l$, on reconnaît qu'il suffit de supposer $M\geqq 4l(l+1)$. Il en résulte que [d'après (2)]

$$\frac{(l-1)(l+3)}{4}<N(l)\leqq 8l(l+1). \tag{4}$$

Quelques perfectionnements techniques apportés à la méthode permettraient de rapprocher les deux bornes trouvées pour $N(l)$. En tous cas, on peut, grâce à (4), déterminer $N(l)$ pour toute valeur donnée de l par un nombre fini d'essais (n'exigeant que des opérations arithmétiques élémentaires).

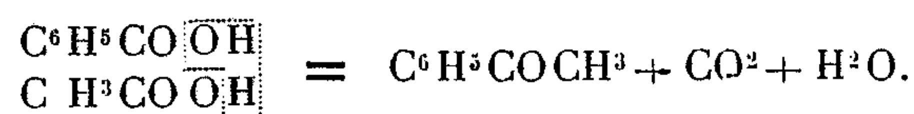
CHIMIE ORGANIQUE. — *Recherches sur le chlorure de benzoyle. Cétones aromatiques.* Note [1] de M. **Jean-Baptiste Senderens.**

I. J'ai fait connaître, il y a quelques années, une méthode de préparation des cétones par l'action catalytique de la thorine et de la zircone [2]. La méthode s'applique à toutes les cétones grasses, *symétriques* ou *mixtes* et

(1) Séance du 26 avril 1937.

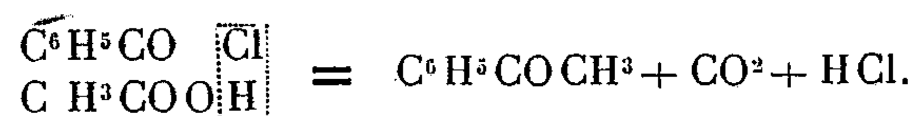
(2) Cf. J.-B. Senderens, *Ann. Chim. et Phys.*, 8e série, 28, février 1913.

seulement aux cétones *mixtes* aromatiques ([3]). Par exemple, pour ces dernières, en partant de l'acide benzoïque mêlé à l'acide acétique on a, vers 400°,



$$\begin{matrix} C^6H^5CO\,OH \\ C\,H^3CO\,OH \end{matrix} = C^6H^5COCH^3 + CO^2 + H^2O.$$

Il m'a paru que l'acide benzoïque pourrait être remplacé par le chlorure de benzoyle qui donnerait



$$\begin{matrix} C^6H^5CO\ Cl \\ C\,H^3COO\,H \end{matrix} = C^6H^5COCH^3 + CO^2 + HCl.$$

Dans les deux cas il y aurait formation de propanone



$$2CH^3COOH = CH^3COCH^3 + CO^2 + H^2O.$$

En sorte que, pour 1^{mol} de chlorure de benzoyle comme pour 1^{mol} d'acide benzoïque, il faudrait employer 3^{mol} d'acide acétique et la réaction devrait s'écrire



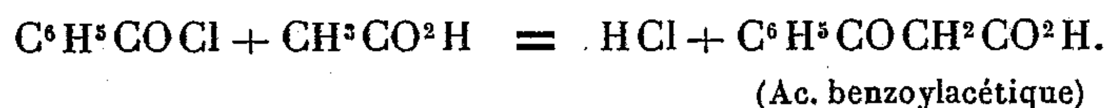
$$C^6H^5COCl + 3CH^3CO^2H = C^6H^5COCH^3 + CH^3COCH^3 + HCl + 2CO^2 + H^2O.$$

II. *Mélanges de* C^6H^5COCl *et d'acides forméniques.* — On sait qu'au contact de l'air toujours plus ou moins humide, le chlorure de benzoyle se transforme en acide benzoïque et acide chlorhydrique.

Au contraire, dans un flacon *hermétiquement fermé*, le même chlorure se conserve indéfiniment sans altération. Il n'en n'est plus ainsi pour un mélange de chlorure de benzoyle et d'acides forméniques *livrés purs* qui remplissent un pareil flacon. Au bout d'un certain temps, des cristaux apparaissent qui envahissent peu à peu tout le liquide.

C'est ainsi qu'un mélange de chlorure de benzoyle (1^{mol}) et d'acide acétique cristallisable (3^{mol}), remplissant un flacon bouché à l'émeri et abandonné à la température du laboratoire, a commencé dès le troisième jour à déposer des cristaux blancs qui ont augmenté les jours suivants. En ouvrant le flacon il s'est dégagé d'abondantes fumées d'acide chlorhydrique.

On aurait pu supposer la réaction



$$C^6H^5COCl + CH^3CO^2H = HCl + C^6H^5COCH^2CO^2H.$$

(Ac. benzoylacétique)

([3]) Du moins lorsque le carbonyle est lié directement au noyau aromatique, comme pour les acides benzoïque et toluique, car les acides phénylacétique et phénylpropionique donnent des cétones symétriques (cf. *loc. cit.*).

Mais ces cristaux, chauffés dans un ballon à distiller, ont donné un liquide bouillant à 116°-120° (acide acétique), après quoi le thermomètre est monté directement à 245°-250°, et tout a distillé à cette température; le distillat s'est solidifié à 120°. C'était l'acide benzoïque qui, dans les cristaux, était imprégné d'acide acétique. Quant au chlorure de benzoyle, qui bout à 198°, il avait complètement disparu. L'acide benzoïque et HCl ne pouvaient provenir que de l'intervention de l'eau



$$C^6H^5COCl + H^2O = C^6H^5CO^2H + HCl.$$

Cette eau, qu'on ne saurait attribuer à l'humidité de l'air, qui n'avait pas d'accès dans le flacon, n'a pu être fournie que par l'acide acétique. De fait, un acide CH^3CO^2H préparé à partir de l'anhydride ne réagit pas sur le chlorure de benzoyle dans un flacon à l'abri de l'air.

Les mélanges de C^6H^5COCl et des acides propionique, butyrique, valérianique livrés purs par le commerce ont donné également à froid des cristaux d'acide benzoïque en proportion plus ou moins grande et après un temps plus ou moins long, selon la quantité d'eau qu'ils renferment, en opérant toujours à l'abri de l'air.

III. *Chlorure de benzoyle et thorine.* — Sur la thorine, disposée dans trois nacelles chauffées dans un tube de pyrex au four électrique, j'ai dirigé les vapeurs de chlorure de benzoyle. La décomposition de C^6H^5COCl s'est manifestée vers 370° par un dégagement de gaz qui est devenu abondant à 400° et qui brûlait avec une flamme à peu près incolore. Ce gaz se composait de

$$CO^2 = 40\ \%; \quad H^2 = 60\ \%.$$

Il s'était produit aussi du HCl retenu par l'eau d'un flacon laveur et du charbon déposé dans les nacelles et sur les parois du tube.

J'ai constaté que cette décomposition avait lieu en l'absence de la thorine, par la chaleur seule, mais plus difficilement et à une température plus élevée.

IV. *Chlorure de benzoyle et acides forméniques.* — Les vapeurs de ces mélanges donnent avec la thorine, aux températures de 400°-450°, la cétone aromatique mixte et la cétone symétrique grasse mêlées, comme on devait s'y attendre, aux produits de destruction du chlorure de benzoyle.

Par exemple, avec le mélange de C^6H^5COCl (1^{mol}) et d'acide butyrique (3^{mol}), on recueille vers 450° un liquide chargé de HCl et distillant comme il suit :

< 150°	28 %	Butyrone
160-170	25	Acide butyrique
170-220	6	—
220-230	32	Phénylpropylcétone

Le gaz recueilli se composait de

$$CO^2 = 60\ \%, \qquad H^2 = 40\ \%.$$

Dans les nacelles s'était déposé du charbon qui avait diminué progressivement l'activité de la thorine.

Avec l'acide acétique et le C^6H^5COCl, le gaz se dégage vers 300°. C'est du CO^2 sans HCl, et le liquide recueilli est de la propanone, ce qui montre que l'acide acétique est seul catalysé. A partir de 400° HCl apparaît ainsi que l'acétophénone.

Il résulte de ce qui précède que, si la formation des cétones aromatiques mixtes à partir de C^6H^5COCl peut, au point de vue théorique, présenter quelque intérêt, elle ne saurait pratiquement constituer une méthode de préparation comparable à celle qui est fondée sur l'emploi des acides aromatiques.

GÉOLOGIE. — *Sur la question de la Chaîne calédonienne au Groenland septentrional.* Note (¹) de M. **Lauge Koch.**

Au cours des années 1916-1918 et 1920-1923, j'ai entrepris des voyages dans les régions de la côte septentrionale du Groenland. J'ai eu l'occasion d'y créer les bases topographiques, stratigraphiques et tectoniques, permettant de définir une unité tectonique alors nouvelle que l'on appelle maintenant couramment la chaîne calédonienne de l'extrême-nord du Groenland. Nathorst (²) avait admis en 1911 la possibilité d'une continuation des chaînes calédoniennes de la Scandinavie et du Spitzberg dans les régions en question; mais de grands territoires étaient alors inexplorés et les plissements connus (³) étaient considérés en partie comme huroniens

(¹) Séance du 26 avril 1937.

(²) *Bull. of the Geol. Instit. of Upsala,* 10, p. 261-416, 97 fig., Taf. XIV et XV; Upsala, 1910.

(³) H. V. Feilden et C. E. de Rance, *Quart. Journ. Geol. Soc. London,* 34, p. 556-567, pl. XXIV; London, 1878; O. B. Bøggild, *Grönland. Handb. d. region Geologie,* 4, Abt. 2a, 38 pages, 6 fig.; Heidelberg, 1917 (publiée pendant mon séjour au Groenland septentrional).

en partie d'âge indéterminé. Les nouvelles investigations permettaient d'interpréter toute la zone comme *une seule unité tectonique*. Depuis lors il n'a plus été fait d'observations géologiques dans cette région jusqu'en 1933 lorsque j'en survolai la partie orientale. En 1934, M. Frebold a mis en doute ([4]) l'âge calédonien de cette chaîne et en 1935, assisté par dix autres personnes, il est allé plus loin en affirmant que mes travaux à ce sujet n'étaient pas originaux, mais empruntés à M. Böggild ([5]). Pour quiconque connaît la littérature sur ce sujet, cette dernière affirmation ne peut se défendre, de sorte que je n'insisterai pas.

Je laisserai de côté ici les raisons déterminant *l'unité* de la chaîne, mais je résumerai quelques points qui sont en faveur de *l'âge calédonien* des plissements principaux :

1° *L'âge des couches plissées.* — Dans l'avant-pays, au sud de la chaîne, j'ai constaté une série allant de la partie haute de l'Antécambrien (Groenlandien) au Gotlandien, dont j'ai décrit les différents niveaux ([6]). Ces séries peuvent être poursuivies dans la région plissée. Des fossiles ont en outre été récoltés en différents endroits dans des couches fortement redressées. Les matériaux constitutifs de la chaîne consistent donc en une série allant de l'Antécambrien supérieur au Gotlandien.

2° *Couches plus récentes que le plissement.* — Dans des régions affaissées, surtout dans les terres de Grant et de Grinnell, on trouve des couches plus ou moins horizontales reposant en discordance sur les séries plissées et en partie métamorphisées, profondément décapées. Ces couches ont livré des fossiles du Permien moyen ([7]).

3° *Traces de mouvements qu'on peut dater stratigraphiquement.* — A différents niveaux de l'échelle stratigraphique on peut constater des traces de mouvements qui peuvent être fixés assez exactement dans la série de l'avant-pays. Le premier mouvement se fait sentir par une

---

([4]) HANS FREBOLD, *Medd. fra Dansk geol. Foren.*, 8, Hft 4, p. 301-326, 1 carte, 1 tabelle, 1 pl.; Copenhague, 1934.

([5]) O. B. BØGGLID, RICHARD BØGVAD, KAREN CALLISEN, HANS FREBOLD, HELGE GRY, KNUD JESSEN, VICTOR MADSEN, A. NOE-NYGAARD, CHRISTIAN POULSEN, ALFRED ROSENKRANTZ, CURT TEICHERT, *Medd. fra Dansk Geol. Foren.*, 8, p. 497-511; Copenhague, 1935.

([6]) *Medd. fra Dansk geol. Foren.*, 5, n° 17, p. 1-78, 1 carte, 1 pl., 12 fig.; Copenhague, 1920; *Amer. Journ. Science*, 9, 1925, p. 271-285, 5 fig.; *Medd. om Grönl.*, 73, II, p. 205-320, 8 fig.; Copenhague, 1929.

([7]) LAUGE KOCH, *A Day in North Greenland*, *Geografiska Annaler*, 1935 (Publication en l'honneur de Sven Hedin).

lacune avec discordance entre le Groenlandien et le Cambrien. Un second correspond à une lacune entre le Cambrien et l'Ordovicien ([8]). De très forts changements de niveaux atteignant plusieurs centaines de mètres d'amplitudes se remarquent à plusieurs reprises pendant le Gotlandien jusque dans l'avant-pays. Enfin, dans le Ludlow et se continuant probablement dans le Downtonien ([6]), la sédimentation prend un caractère de plus en plus arénacé et devient une sorte de Flysch. Ces sédiments correspondent donc à de fortes déformations dans la chaîne pendant le Gotlandien supérieur; ils se sont probablement continués au commencement du Dévonien. On ne sait pas encore quand le métamorphisme s'est produit; des observations pétrographiques des sédiments du Ludlow donneront peut-être la réponse sur cette question. La région a été exondée depuis lors jusque dans les temps permiens. L'érosion a alors pénétré dans les parties profondes de la chaîne.

M. **Guido Castelnuovo** fait hommage à l'Académie d'un Volume intitulé *Memorie scelte*, qui contient un choix de ses travaux publiés à l'occasion de son Jubilé scientifique.

ÉLECTIONS.

L'Académie procède par la voie du scrutin à l'élection d'un Académicien libre en remplacement de M. *Jean Charcot*, décédé.

Le nombre de votants étant 54,

M. Louis Martin	obtient	40	suffrages
M. Camille Gutton	»	12	»
M. Jacques Duclaux	»	2	»

M. **Louis Martin**, ayant réuni la majorité absolue des suffrages, est proclamé élu.

Son élection sera soumise à l'approbation de M. le Président de la République.

([8]) Lauge Koch, *Comptes rendus*, 204, 1937, p. 829-831.

CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° *Differential Systems*, by Joseph Miller Thomas.

2° D. Bois. *Les Plantes alimentaires chez tous les Peuples et à travers les Ages. Histoire, Utilisation, Culture.* Volume IV. *Les plantes à boissons* (présenté par M. L. Blaringhem).

GÉOMÉTRIE. — *Sur une propriété des corps convexes de l'espace à n dimensions.* Note de M. **Paul Vincensini**.

1. Dans cette Note je montre que, pour tout corps convexe C de l'espace euclidien à n dimensions, dont la surface frontière S (à $n-1$ dimensions) possède, en chaque point, $n-1$ rayons de courbure principaux, la largeur est déterminée dans toute direction *par la connaissance de la somme des* $2(n-1)$ *rayons de courbure principaux en deux points opposés quelconques de* S.

Nous appellerons *points opposés* deux points en lesquels les hyperplans tangents sont parallèles.

Réciproquement, la connaissance, pour un corps convexe, de la largeur dans toute direction, entraîne celle de la somme des rayons de courbure en un couple quelconque de points opposés de sa surface frontière.

En appliquant le résultat obtenu aux corps de largeur constante, on obtient, pour ces corps, une propriété caractéristique, généralisant la propriété suivant laquelle, les courbes orbiformes du plan admettant en chaque point un rayon de courbure déterminé, sont caractérisées par le fait que la somme des rayons de courbure en deux points opposés est constante.

2. Nous nous appuierons sur les propriétés des domaines vectoriels des corps convexes (1), et sur une proposition de M. Favard (2).

Considérons, dans l'espace à n dimensions, les surfaces convexes

(1) P. Vincensini, *Comptes rendus*, 201, 1935, p. 761.

(2) J. Favard, *Bull. Ac. Belgique*, 5e série, 19, 1933, p. 74.

fermées admettant en chaque point $n-1$ rayons de courbure principaux $r_1, r_2, \ldots, r_{n-1}$. Soit ω l'image sphérique d'un point quelconque d'une telle surface. Le problème qui consiste à voir si la connaissance, sur la sphère image, d'une fonction symétrique élémentaire quelconque des rayons principaux $F_m(\omega) = \Sigma r_{i_1} r_{i_2} \ldots r_{i_m} (m \leqq n-1)$ détermine la surface à une translation près, n'a, jusqu'à présent, reçu de solution que dans trois cas particuliers. M. W. Süss a montré que la surface est déterminée dans le cas où $m = n-1$, et M. Favard a étendu le résultat aux cas $m = n-2$ et $m = -1$ $\left[F(\omega) = \sum_{n-1} r_i\right]$.

3. Soit S une surface convexe fermée, douée en chaque point de $n-1$ rayons de courbure principaux. Désignons par $H(\omega)$ la fonction d'appui de S; ω est l'image sphérique d'un point quelconque M de S, et H la distance du centre O de la sphère image (supposé à l'intérieur de S) à l'hyperplan tangent en M, comptée positivement suivant $\overrightarrow{O\omega}$.

Nous supposerons ici H analytique, mais la seule hypothèse nécessaire est l'existence de $n-1$ rayons de courbure principaux.

Considérons S comme la frontière d'un corps convexe C, et soit D le domaine vectoriel de C, centré en O [nous désignerons par D la frontière du domaine]. La fonction d'appui de D est $\mathcal{H}(\omega) = H(\omega) - H'(\omega)$, H' étant la distance algébrique du point O à l'hyperplan tangent à S au point M' opposé à M. Si $\Delta_2 H$ est le paramètre différentiel du deuxième ordre de H relatif au ds^2 de la représentation sphérique de S, la somme des $n-1$ rayons de courbure $r_1, r_2, \ldots, r_{n-1}$ de S en M est

$$\sum_{n-1} r_i = \Delta_2 H + (n-1)H; \tag{1}$$

de même, la somme des $n-1$ rayons de courbure au point opposé M' est

$$\sum_{n-1} r'_i = -\Delta_2 H' - (n-1)H'. \tag{2}$$

La somme des $n-1$ rayons de courbure de D au point μ correspondant à M (même image sphérique) est

$$\sum_{n-1} \rho_i = \Delta_2 \mathcal{H} + (n-1)\mathcal{H}. \tag{3}$$

Si l'on a égard à la propriété de distributivité par rapport à l'addition

du paramètre différentiel Δ_2, (1), (2) et (3) montrent que

$$\sum_{n-1} r_i + \sum_{n-1} r'_i = \sum_{n-1} \rho_i; \tag{4}$$

d'où ce résultat : *La somme des rayons de courbure principaux, en deux points opposés quelconques d'une surface convexe fermée, est égale à la somme des rayons principaux au point correspondant de son domaine vectoriel.*

4. Supposons dès lors que l'on connaisse la somme des $2(n-1)$ rayons principaux de S en deux points opposés quelconques $\left(\sum_{n-1} r_i + \sum_{n-1} r'_i\right)$. Soit $F(\omega)$ la fonction qui exprime cette somme sur la sphère image. $F(\omega)$ est aussi la somme des $n-1$ rayons de courbure principaux du domaine vectoriel D au point correspondant. Ce domaine étant convexe, le résultat de M. Favard s'applique : D *est déterminé à une translation près*. Or, dans toute direction, la largeur d'un corps convexe est égale à la moitié de celle de son domaine vectoriel. Il en résulte que la connaissance de $F(\omega) = \sum_{n-1} r_i + \sum_{n-1} r'_i$ *entraîne celle de la largeur de* S *dans toute direction.*

Réciproquement, si l'on connaît la largeur de S dans toute direction, on connaît D, donc $\sum_{n-1} \rho_i$, *et par suite aussi, d'après* (4), *la somme* $\sum_{n-1} r_i + \sum_{n-1} r'_i$.

5. Appliquons le résultat précédent au cas où S est de largeur constante d. D est une sphère de rayon d, et l'on a $\sum_{n-1} \rho_i = (n-1)d$. (4) donne alors $\sum_{n-1} r_i + \sum_{n-1} r'_i = (n-1)d = \text{const.}$, d'où cette propriété : *La somme des* $2(n-1)$ *rayons principaux d'un corps convexe de largeur constante de l'espace à n dimensions en deux points opposés est constante.*

La propriété précédente est *caractéristique* des surfaces frontières des corps de largeur constante.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur la régularisation des fonctions.* Note de M. **Szolem Mandelbrojt**, présentée par M. Jacques Hadamard.

En reprenant les notations de ma Note (¹) concernant le principe de régularisation, on voit immédiatement que, si

$$f_1 \subset \Phi \quad \text{et} \quad f_2 \subset \Phi \quad \text{et si} \quad \omega_1(t) > \omega_2(t+\alpha)$$

[ou $\omega_1(t) = \omega_2(t+\alpha)$ lorsque cette dernière quantité est $+\infty$; α est une constante], l'inégalité $f_2(x) \geqq f_1(x) + \alpha x$ entraîne l'inégalité $\Omega_{f_2}^{\omega_2}(t+\alpha) \geqq \Omega_{f_1}^{\omega_1}(t)$. Mais, en vertu du théorème IV de la Note citée, on peut énoncer la proposition suivante :

Théorème I. — *Si* $f_2(x) \geqq F_{f_1}^{\omega_1}(x) + \alpha x$ *pour* $x \geqq x_0$, *où* $F_{f_1}^{\omega_1}$ *est la régularisée de* f_1 *par rapport à* $\omega_1(t)$, *et si* $\omega_1(t) > \omega_2(t+\alpha)$, *on a* $\Omega_{f_2}^{\omega_2}(t+\alpha) \geqq \Omega_{f_1}^{\omega_1}(t)$ *pour* $t \geqq t_0$ (*si* $x_0 = 0$, $t_0 = -\infty$). *Cette inégalité a donc lieu aussi lorsqu'on suppose seulement* $F_{f_2}^{\omega_2}(x) \geqq F_{f_1}^{\omega_1}(x) + \alpha x$. *Si* $f_1 \subset \Phi_1$ *et* $f_2 \subset \Phi_1$, *on peut poser dans l'hypothèse :* $\omega_1(t) \geqq \omega_2(t+\alpha)$.

Le théorème fondamental de la théorie est l'inversion de ce théorème. Il est évident que les deux inégalités

$$\Omega_{f_2}^{\omega}(t) \geqq \Omega_{f_1}^{\omega_1}(t+\alpha), \qquad \omega_2(t+\alpha) > \omega_1(t)$$

n'entraînent nullement l'inégalité $f_2(x) \geqq f_1(x) + \beta x$, où β est une constante. Par contre une telle inégalité a lieu, dans les conditions précitées entre les fonctions régularisées. Voici le théorème en question :

Théorème II. — *Si* $\omega_2(t+\alpha) > \omega_1(t)$ [*ou* $\omega_2(t+\alpha) = \omega_1(t)$, *si* $\omega_1(t) = \infty$] *et si* $\Omega_{f_2}^{\omega_2}(t+\alpha) \geqq \Omega_{f_1}^{\omega_1}(t)$ *pour* $t \geqq t_0$, *on a pour* $x \geqq x_0$

$$F_{f_2}^{\omega_2}(x) \geqq F_{f_1}^{\omega_1}(x) + \alpha x.$$

Si $f_1 \subset \Phi_1$, $f_2 \subset \Phi_1$ *on peut poser dans l'hypothèse* $\omega_2(t+\alpha) \geqq \omega_1(t)$.

Autrement dit, la circonstance suivante se présente : par l'intermédiaire de la fonction ω_1 (respectivement ω_2) on fait correspondre à $f_1(x)$ [respectivement à $f_2(x)$] la fonction $\Omega_{f_1}^{\omega_1}(t)$ [respectivement $\Omega_{f_2}^{\omega_2}(t)$]. Une inégalité liant f_1 à f_2 conduit à une inégalité liant $\Omega_{f_1}^{\omega_1}$ à $\Omega_{f_2}^{\omega_2}$, la réciproque n'a pas lieu pour les fonctions f_1, f_2, mais elle a lieu pour *leurs régularisées*, respectivement par rapport à ω_1 à ω_2. Autrement dit les régularisées possèdent une propriété qui se traduit par un théorème d'un caractère tauberien, les fonctions f étant quelconques (appartenant à Φ).

(¹) *Comptes rendus*, 204, 1937, p. 400.

Remarquons que, si $\omega(t)$ est une fonction croissante, continue, prenant, lorsque $-\infty < t < \infty$, toutes les valeurs positives, telle que $t\omega(t) \to 0$ lorsque $t \to -\infty$ et telle que $\int_{-\infty}^{a} \omega(t)\,dt < \infty$ $(a < \infty)$, on a, en posant

$$f(x) = \int_{-\infty}^{\omega^{-1}(x)} t\,d\omega(t) = x\omega^{-1}(x) - \int_{-\infty}^{\omega^{-1}(x)} \omega(t)\,dt,$$

où $\omega^{-1}(x)$ désigne la fonction inverse de $\omega(t)$ [si $t = \omega^{-1}(x)$, $x = \omega(t)$], pour toute fonction $\omega_0(t) \geqq \omega(t)$

$$\Omega_f^{\omega_0}(t) = -\int_{-\infty}^{t} \omega(s)\,ds.$$

Les théorèmes que nous venons d'énoncer permettent alors d'énoncer le théorème suivant :

Théorème III. — *Si $f \subset \Phi$, et si $\omega_1(t) > \omega(t+k)$, où $\omega(t)$ jouit des propriétés que nous venons de préciser, et où k est une constante, la condition nécessaire et suffisante pour qu'on ait*

$$-\int_{-\infty}^{t+\gamma} \omega(s)\,ds \geqq \Omega_f^{\omega_1}(t) \qquad (t \geqq t_0),$$

est que

$$\int_{-\infty}^{\omega^{-1}(x)} t\,d\omega(t) \geqq F_\varphi^{\omega_1}(x) + \delta x \qquad (x \geqq x_0,\ \delta = \text{const.}).$$

En posant dans ce qui précède $\omega(t) = e^t$, on voit que la condition nécessaire et suffisante pour que $-\Omega_f^{\omega_1}(t) > e^{t+\gamma}$, $(t \geqq t_0)$ où $\omega_1(t) > e^{t+k}$, est qu'il existe une constante δ telle que

$$x \log x \geqq F_f^{\omega_1}(x) + \delta x \qquad (x \geqq x_0).$$

Soit, par exemple, $\{m_n\}$ une suite de nombres positifs et posons

$$S(r) = \max_{0 \leqq n \leqq r} \frac{r^n}{m_n},$$

autrement dit, en posant $t = \log r$, on a

$$-\log S(r) = \Omega(t) = \min_{0 \leqq n \leqq e^t} (\log m_n - nt),$$

c'est-à-dire que l'on a

$$\Omega(t) = \Omega_\varphi^{\omega}(t), \quad \text{où} \quad \varphi(n) = \log m_n, \quad \varphi(x) = \infty \quad \text{pour} \quad x \neq n$$
$$(n \text{ entier positif}), \text{ et où } \omega(t) = e^t.$$

On voit d'après ce qui précède que la condition nécessaire et suffisante pour qu'il existe une constante α telle que $S(r) > e^{\alpha r} (r > r_0)$, est que l'on ait $\sqrt[n]{m_n^{(\text{exp.})}} = O(n)$, où $m_n^{(\text{exp.})}$ est définie par l'égalité $m_n^{(\text{exp.})} = e^{F_\varphi^\omega(n)}$, où $F_\varphi^\omega(x)$ est la régularisée de la fonction $\varphi(x)$ qu'on vient de définir, par rapport à la fonction $\omega(t) = e^t$. Or la condition $S(r) > e^{\alpha r}$ est précisément celle qui donne la condition nécessaire et suffisante pour que toutes les fonctions de la classe $|f^{(n)}(x)| < m_n$ $(n = 0, 1, \ldots; a \leq x \leq b)$ soient analytiques. Elle intervient aussi dans la théorie de la meilleure approximation.

MATHÉMATIQUES APPLIQUÉES. — *Sur la méthode de cyanuration dans l'exploitation de l'or.* Note de M. **Radu Badesco**, présentée par M. Jacques Hadamard.

M. Gh. Vanci m'a fait connaître une série de problèmes sur la méthode de cyanuration dans l'exploitation de l'or et je me propose d'en donner ici les solutions mathématiques. Le minerai d'or, réduit en poudre au moyen d'un concasseur, est mélangé au cyanure de sodium ou de potassium avec un procédé qui varie suivant l'installation, et l'on extrait ensuite très facilement l'or qu'il contient. Le tout est de maintenir en présence le minerai et le cyanure pendant un temps T_0 jugé nécessaire à une complète cyanuration, T_0 dépendant du perfectionnement de l'installation.

Examinons ce procédé dans le cas où l'on introduirait, avec un débit constant a [1], le mélange de minerai et de cyanure dans un *seul* tank d'agitation V (en anglais *Conditioners and agitators*) rempli d'avance du même mélange. Comme, dans ces tanks, on peut mélanger très rapidement, au moyen d'une hélice à axe vertical, les deux mélanges (mélange a introduit et mélange V contenu), nous supposerons que ce mélange *se fait instantanément*. Nous verrons ensuite sortir du vase un nouveau mélange avec le même débit a. Introduisons maintenant le mélange a dans V pendant un temps T; quelle est la quantité de mélange qui sort du vase après y être restée un temps déterminé $\mathfrak{T}$ depuis le début de l'opération? Pour résoudre ce problème, divisons l'intervalle de temps $(0, T)$ en m intervalles élémentaires égaux, et le volume V en n volumes élémentaires au moyen du débit $a.T/m$ que nous introduisons dans V pendant chaque

(1) Dans l'unité de temps.

temps élémentaire T/m. De V, il sortira pendant le même intervalle T/m, la quantité $a.T/m$ se composant de $1/(n+1)$ du mélange $a.T/m$ introduit, et $1/(n+1)$ du mélange contenu par V, ceci en vertu de l'hypothèse faite plus haut. Dans V, il en restera $n/(n+1)$ de chacune de ces quantités. Désignons maintenant par a_i la quantité de mélange a restée dans V pendant i temps élémentaires T/m et qui y a été introduite pendant un seul intervalle T/m. Nous avons le tableau suivant pour les quantités de mélanges a et V sorties du vase.

Après le temps T/m,

$$a_1 \frac{T}{m} + \frac{V}{n+1} = a \frac{T}{m};$$

après le temps $2T/m$,

$$a_1 \frac{T}{m} + a_2 \frac{T}{m} + \frac{nV}{(n+1)^2} = a \frac{T}{m};$$

. . . . ,

après le temps mT/m,

$$a_1 \frac{T}{m} + a_2 \frac{T}{m} + \ldots + a_m \frac{T}{m} + \frac{n^{m-1}V}{(n+1)^m} = a \frac{T}{m};$$

d'où nous déduisons par addition

$$(1) \qquad \sum_{i=0}^{m} (m-i) a_{i+1} \frac{T}{m} + V \sum_{i=1}^{m} \frac{n^{i-1}}{(n+1)^i} = aT.$$

En désignant maintenant par $a(t)$ la quantité de mélange a restée dans V le temps t et qui sort au moment t même, et tenant compte de la relation $V/na = T/m$ qui existe entre m et n, par un passage à la limite (m infini), nous obtenons l'équation intégrale simple

$$(2) \qquad \int_0^T (T-t) a(t)\, dt + V\left(1 - e^{-\frac{aT}{V}}\right) = aT,$$

d'où l'on tire par deux dérivations la fonction inconnue $a(t)$

$$(3) \qquad a(t) = \frac{a^2}{V} e^{-\frac{at}{V}},$$

discontinue pour $t = 0$, car elle doit être nulle pour cette valeur de t. La formule (2) nous donne les quantités de mélange a et V restées dans V au plus le temps $\mathfrak{T}$ et qui sont sorties durant toute l'opération

$$(4) \qquad \frac{a^2}{V} \int_0^{\mathfrak{T}} (T - \mathfrak{T}) e^{-\frac{a\mathfrak{T}}{V}} d\mathfrak{T}, \quad V\left(1 - e^{-\frac{a\mathfrak{T}}{V}}\right).$$

La formule (2) met en évidence les quantités totales de mélanges a et V sorties du vase.

Le second problème qui se pose est de savoir dans quelles conditions et pendant combien de temps T il faudra effectuer notre opération pour que la quantité de mélange sortant de V, après y être restée au plus T_0 heures, soit inférieure à aK T, avec $K < 1$? Nous avons l'inégalité

$$(5) \qquad \int_0^{T_0} (T-t)a(t)\,dt + V\left(1 - e^{-\frac{aT_0}{V}}\right) < aKT$$

qui s'écrit sous la forme

$$(6) \qquad T\left[K - 1 + e^{-\frac{aT_0}{V}}\right] \geqq T_0 E^{-\frac{aT_0}{V}}.$$

Le premier membre ne peut être positif que si le débit a est inférieur à $\theta.V/T_0$, θ étant la racine positive de l'équation $K = 1 - e^{-x}$.

Pour $K = 1/3$, $T_0 = 24$ heures et $V = 1$ tonne, on doit avoir $a > 16^{kg},9$ à l'heure et $T \geqq 540$ heures. C'est là un débit trop faible et un temps T trop long pour que le coût de l'exploitation soit négligeable.

Il est à remarquer que la relation (2) permet aussi le calcul de l'or extrait par cette méthode.

ASTRONOMIE STELLAIRE. — *L'étoile triple spectroscopique* 113 *Hercule.* Note [1] de M. **Raymond Tremblot**, présentée par M. Ernest Esclangon.

L'étoile 113 Hercule [2] présente, d'après le *Draper Catalogue*, des caractères spectroscopiques accusant l'existence de deux composantes de types G_0 et A_3. Il s'agit effectivement d'un système en mouvement rapide, dont les éléments orbitaux suivants, calculés par Wilson [3] :

$$P = 245,3 \text{ jours}, \qquad k = 16,00 \text{ km/sec},$$
$$T = 2419805,0, \qquad \frac{m_2^3 \sin^3 i}{(m_1 + m_2)^2} = 0,102,$$
$$\omega = 169°,5, \qquad a \sin i = 53,58.10^6 \text{km},$$
$$e = 0,12, \qquad V_0 = -23,2 \text{ km/sec},$$

représentent avec une excellente précision l'ensemble des mesures de vitesse radiale effectuées sur les raies de la composante G_0 à l'observatoire Lick.

---

(1) Séance du 26 avril 1937.

(2) Magnitude visuelle, 4,56; type spectral, $G_0 + A_3$; d'après le *Draper Catalogue*, plus vraisemblablement $G_5 + A$, la sous-classe A_3 étant très incertaine.

(3) Wilson, *Lick Observatory Bulletin*, 7, 1913, p. 107.

Les masses des étoiles géantes de type G n'étant mesurables que dans des cas exceptionnels, nous avons cherché à obtenir quelques valeurs de la vitesse radiale de la composante A_3, dans les conditions les plus favorables pour la détermination du rapport des masses. Le spectrographe utilisé à cet effet, comportant quatre prismes de crown assurant une déviation moyenne de 180°, a été monté en juillet 1936 sur le télescope de $0^m,81$ de la station astrophysique de Haute-Provence, de l'Observatoire de Paris. La dispersion est de 22 Å par millimètre pour la raie [K], la région spectrale photographiée s'étendant de 3800 à 4450 Å.

L'aspect des spectrogrammes diffère de celui des étoiles de type G par le faible contraste des raies métalliques, dont le dessin est de moins en moins accusé vers l'ultraviolet. La large bande [H] du calcium présente un aspect normal, tandis que la raie [K] est généralement semblable à celle d'une étoile de classe A. Ces particularités s'expliquent facilement par la superposition des rayonnements d'une étoile de type G_0 ou G_5 et d'une autre, moins brillante, de type A. La forte absorption du rayonnement du corps principal dans les bandes [H] et [K] laisse apparaître celui de l'autre composante, qui ne présente qu'une raie étroite dans la seconde région, interprétation confirmée par l'étude de la structure de ces bandes au moyen d'un microphotomètre enregistreur de Moll.

Cette raie [K[constitue ainsi le seul repère permettant une mesure certaine de la vitesse radiale de la seconde composante, quelques clichés ayant cependant fourni une valeur à peu près concordante à partir de la raie [H]. La série de Balmer n'est pas observable dans l'ultraviolet.

Dix-huit mesures de vitesse radiale, effectuées de juillet à septembre 1936 sur les raies de la composante G_0, n'accusent aucun écart systématique avec les éléments cités plus haut, basés sur des observations antérieures à 1913. La position de la raie [K] montre qu'on doit l'attribuer à la composante A, mais le désaccord des mesures et les changements rapides d'aspect ne peuvent s'expliquer dans l'hypothèse d'un système binaire. Plusieurs clichés la montrent d'ailleurs double, celui du 2 août accusant au contraire une structure très fine. Les valeurs suivantes des vitesses radiales résultent de la mesure des trois meilleurs clichés :

Date.	Composante G_0.	Obs.	Calc.	Composante A_3 (raie [K]).	
	h m	km/sec.			
1936. Juillet 26......	22.26	−42,6	−38,0	+13	large
» Août 2........	22.46	−38.4	−39,9	−17	fine
» Août 8........	21.55	−41,4	−40,8	−41	+59

Ces premiers résultats s'accordent avec l'hypothèse d'un système triple, le rapport $m_1 + m_2/M$ étant voisin de 2. On sait que les étoiles du type A sont très fréquemment doubles spectroscopiques, avec des périodes de un à quelques jours. Dans cette interprétation, les deux composantes et le centre des masses du système à courte période décrivent des orbites dont les grands axes sont très inégaux, de sorte que le mouvement de l'étoile principale, étudié jusqu'ici, est très sensiblement elliptique; mais il s'agit vraisemblablement d'un cas non dépourvu d'intérêt du problème des trois corps. De nombreuses mesures et l'emploi d'un spectrographe plus dispersif seront nécessaires pour son étude complète.

M. Luyten a mesuré récemment trois spectrogrammes à grande dispersion de l'étoile β Capricorne ([4]) obtenus au Mont Wilson ([5]). Les caractères spectroscopiques de cet astre présentent quelques analogies avec ceux de 113 Hercule, la vitesse radiale déduite des raies [H] et [K] accusant de rapides variations. Un spectrogramme à faible dispersion, obtenu en Haute Provence en 1934, confirme entièrement ses conclusions. Ici certains faits, comme l'existence d'une forte raie H_ε suivant les déplacements de celles de la composante G_0, ne sont guère explicables, mais, s'il s'agit d'un autre système triple, le troisième corps n'étant pas assez lumineux pour apparaître sur les spectrogrammes, son étude, beaucoup plus facile avec un pouvoir dispersif moyen, peut présenter un grand intérêt pour la Mécanique céleste.

DYNAMIQUE DES FLUIDES. — *Écoulement de l'air à des vitesses supérieures à celle du son par des trous de très petit diamètre.* Note ([1]) de M. **Léon Agostini**, présentée par M. Marcel Brillouin.

Les lois de l'écoulement supersonique ont été jusqu'à présent étudiées avec des orifices dont le diamètre est au moins de l'ordre du millimètre. On peut penser que si le diamètre du trou n'est plus très grand devant le libre parcours moyen, les phénomènes moléculaires pourront, sinon se substituer entièrement, tout au moins se superposer aux phénomènes molaires.

([4]) Magnitude visuelle 3,25, type spectral $G_0 + A_0$, double spectroscopique, avec une période de 1378 jours et une fonction de masses de 1,13 ☉.

([5]) Luyten, *Publications of the Astronomical Society of Pacific*, 48, 1936, p. 172.

([1]) Séance du 12 avril 1937.

J'ai donc été amené à rechercher pour quelles valeurs relatives du diamètre et du libre parcours moyen se fait la transition éventuelle, et par quels phénomènes elle peut se manifester. Pour cela j'ai fait écouler dans l'atmosphère, à travers des trous de différents diamètres percés en mince paroi, de l'air comprimé. L'existence des vitesses supersoniques a été décelée par la photographie des stries, dues à la structure périodique du jet, signalée pour la première fois par Parenty ([2]).

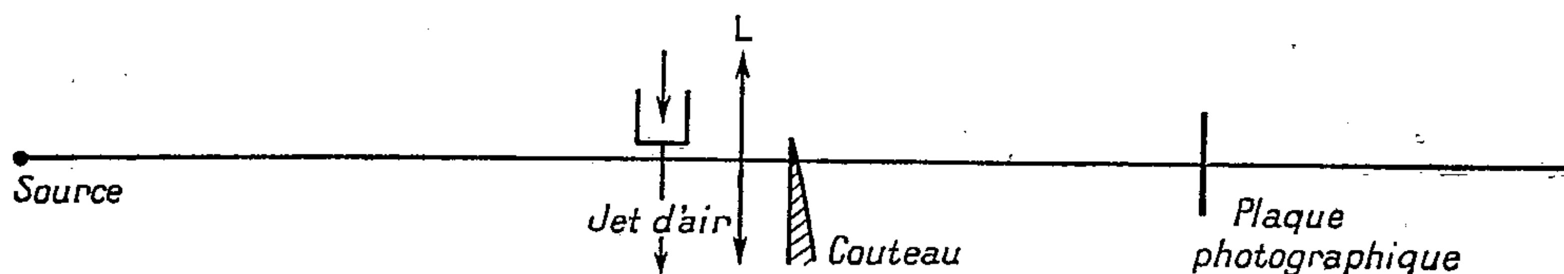
On sait qu'Emden ([3]) a lié la longueur d'onde λ du phénomène stationnaire obtenu au diamètre d du trou et aux pressions amont et aval P et p par la relation empirique

$$\lambda = 0{,}87\, d \sqrt{\frac{P}{p} - 1{,}89}.$$

Établie pour de gros orifices, cette formule donne un terme de comparaison pour le comportement des trous de diamètres plus petits.

Les trous utilisés, percés dans une pièce massive de maillechort ont un profil conique permettant de les considérer comme établis en paroi mince; leurs diamètres s'échelonnent entre 3 et 50 centièmes de millimètre.

Les photographies du jet gazeux ont été obtenues par la méthode classique des rayons aberrants convenablement modifiée. La principale difficulté était d'éliminer la lumière diffractée par la paroi dans laquelle est percé le trou; cette élimination a été faite par un choix convenable du couteau utilisé pour cacher l'image de la source. Les rayons diffractés par le bord d'un écran rectiligne placé devant une lentille coupent en effet le plan focal suivant une droite perpendiculaire à ce bord; l'emploi d'un couteau



rectiligne dirigé suivant cette droite élimine donc la lumière diffractée. L'emploi de ce procédé et d'un montage n'utilisant qu'une lentille au lieu des deux habituelles pour former l'image de la source et l'image de l'objet a permis d'obtenir d'excellentes photographies avec les jets émis par des orifices ne dépassant pas 3 centièmes de millimètre de diamètre.

([2]) *Annales de Chimie et de Physique*, 7e série, 8, 1896, p. 5; 12, 1897, p. 289.
([3]) *Annalen der Physik*, 69, 1899, p. 264.

Le montage à deux lentilles présentait l'inconvénient de donner une grande importance aux défauts du verre de la première lentille.

Le diamètre apparent de la source n'intervient pas dans la définition de l'image finale, mais seulement, à éclairement égal du jet, dans la brillance de cette image, brillance qui diminue lorsque croissent les dimensions de la source (dans mes expériences un arc utilisant l'effet Beck).

1° Pour tous les trous employés la relation d'Emden s'est trouvée sensiblement vérifiée pour les fortes pressions.

2° Aux pressions voisines de la valeur critique théorique ([4]) les stries caractéristiques du régime supersonique disparaissent pour des valeurs d'autant plus élevées du rapport P/p que le diamètre est plus faible : 2,20 pour un diamètre de $0^{mm},06$, 2,10 pour $0^{mm},1$, 1,95 pour les diamètres de $0^{mm},2$ et $0^{mm},5$.

3° Tant que les stries subsistent la relation d'Emden continue à être vérifiée. Il semble donc que le jet passe brusquement du régime supersonique à un régime subsonique. Une étude du débit au voisinage de la valeur critique montrera si cette hypothèse se vérifie.

AÉRODYNAMIQUE. — *Étude d'un écoulement d'air au voisinage immédiat d'une paroi. Application à l'étude des qualités des ailes d'avion.* Note ([1]) de M. Louis Sackmann, présentée par M. Henri Villat.

La méthode dont nous allons exposer le principe et donner les premiers résultats expérimentaux joue en aérodynamique un rôle équivalent à la méthode de l'iode utilisée en hydrodynamique et que nous avons déjà rapportée ici ([2]).

A. Principe. — Un filet fluide chimiquement actif et passant au voisinage d'une paroi convenablement sensibilisée produira une réaction chimique accompagnée d'un changement de couleur, si les affinités chimiques sont correctement choisies. Le filet d'exploration inscrira alors sur la surface une trace indiquant la direction locale du courant fluide.

([4]) C'est-à-dire correspondant au passage du régime supersonique au régime subsonique. On sait, d'après Saint-Venant, que pour les trous de diamètre supérieur ou égal à 1^{mm}, ce passage se produit lorsque le rapport P/p des pressions amont et aval est égal à 1,9.

([1]) Séance du 19 avril 1937.

([2]) L. Sackmann, *Comptes rendus*, 199, 1934, p. 1018.

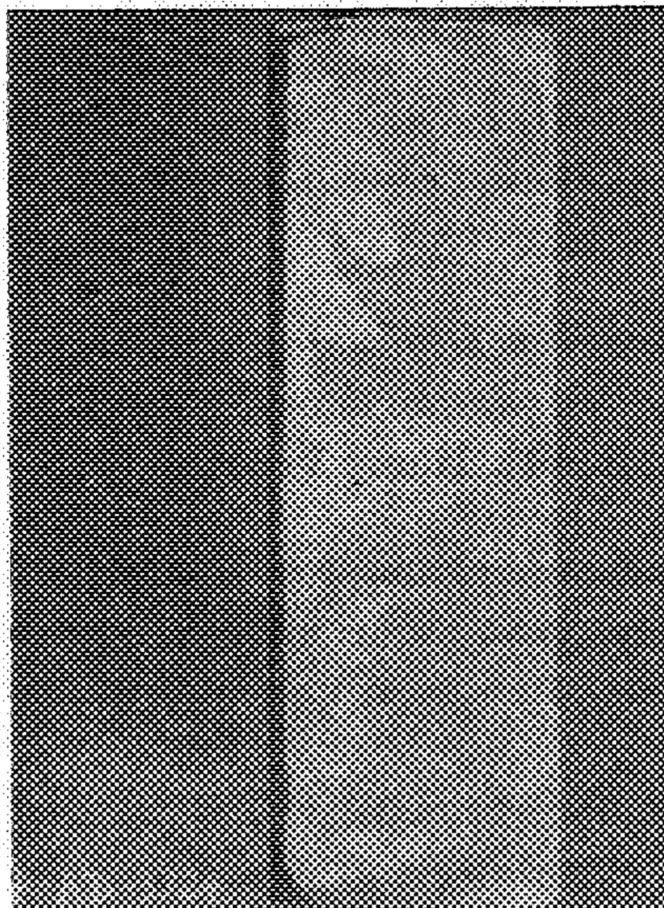
Il s'agit de concilier, en vue de l'application de ce principe, les points de vue suivants :

1° *Point de vue aérodynamique.* — La réaction entraînant le virage colorimétrique ne doit pas modifier le degré de rugosité de la paroi.

2° *Point de vue chimique.* — En vue d'une réaction rapide nous nous sommes adressé, pour la sensibilisation de la paroi, aux *indicateurs colorés*, le filet contenant un réactif gazeux (acide ou base).

3° *Point de vue des mesures.* — Les traces obtenues doivent être stables et correspondre exactement au phénomène d'écoulement sans déformation et sans diffusion.

B. Résultats. — Nous avons mis en œuvre et contrôlé le principe expérimental que nous venons d'énoncer en utilisant des obstacles divers; les réactifs ont été injectés



Photographie de l'extrados de l'aile en régime de perte de vitesse.

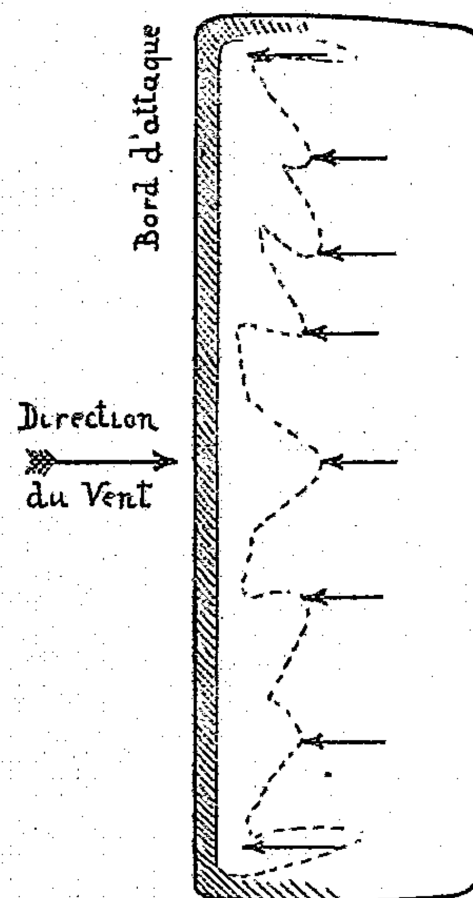


Schéma. — Les flèches sur l'extrados indiquent les positions des injecteurs.

dans le sillage, l'obstacle coloré préalablement s'est trouvé décoloré dans toute la région du sillage.

Au point de vue aérodynamique, l'état de la surface n'est en rien modifié.

Au point de vue chimique, les difficultés résident dans la préparation des colorants et la production des filets d'exploration (nous donnerons ailleurs les détails d'application pratique).

Au point de vue des mesures : 1° *Contrôle.* — Nous avons tout d'abord vérifié que

les lignes de séparation obtenues sont stables et n'évoluent pas dans le temps. Nous avons également contrôlé que les réactifs ne produisent aucune action secondaire susceptible d'entraîner un déplacement de la ligne de séparation.

2° *Mesures : Étude du cylindre.* — Nous avons ainsi matérialisé, situé et photographié les lignes de décollement sur un cylindre de révolution et nous avons mesuré l'angle de décollement $\theta = 81^\circ \pm 1^\circ$ (vitesse du vent $V = 22$ m/sec, nombre de Reynolds $\mathcal{R} = 26000$). Les lignes de décollement (génératrices du cylindre) sont très nettes et parfaitement définies, on peut les situer à quelques 1/10ᵉ de millimètre près.

Étude des ailes d'avion. — Nous avons essayé une maquette d'aile (profil Göttingen, 433; nombre de Reynols, 88000).

La figure ci-contre représente les résultats obtenus pour une incidence où l'aile se trouve en perte de vitesse ($i = 15^\circ$).

On sait que la diminution brusque des qualités de sustentation de l'aile est liée à une modification complète du régime d'écoulement à l'extrados [3] et que la ligne de décollement notamment, est portée très en avant vers le bord d'attaque. La méthode des indicateurs colorés permet de situer très exactement ce décollement. L'enregistrement nous donne également ce résultat surprenant : la ligne de décollement reste rectiligne et extrêmement nette, malgré le caractère particulier de l'écoulement à l'extrados.

Nous publierons prochainement une étude détaillée de l'aile, conduite en faisant varier l'angle d'incidence, en régime normal et en régime de perte de vitesse.

C. Conclusion. — La méthode des indicateurs colorés, qui permet d'obtenir instantanément (la réaction est en effet très rapide, durant moins d'une seconde), avec toutes ses singularités, la trace d'un écoulement d'air sur un obstacle de forme quelconque, pourra servir en particulier dans les cas suivants :

1° étude du décollement et des sillages;
2° étude des phénomènes non permanents;
3° étude des surfaces rugueuses;
4° étude de la perte de vitesse d'une aile;
5° étude des tourbillons marginaux;
6° étude générale des interactions (raccords).

(3) L. Sackmann, *Comptes rendus*, 202, 1936, p. 1019.

MÉCANIQUE INDUSTRIELLE. — *Sur l'injection interne de l'essence dans un moteur à explosion.* Note (¹) de MM. **André Labarthe** et **Alexandre Ponomareff**, présentée par M. Henri Villat.

Le mélange du combustible et du comburant dans un moteur à essence se faisant généralement dans un carburateur, on peut imaginer un mode différent de pulvérisation du combustible.

Des expérimentateurs ont réalisé l'injection d'essence dans la tuyauterie d'admission au moyen d'une pompe et d'un injecteur. Si l'on place cet injecteur sur la culasse du moteur à essence, on peut introduire à chaque cycle le combustible pulvérisé dans le cylindre même du moteur. On peut ainsi envisager deux modes de fonctionnement des moteurs à injection d'essence : *injection interne* correspondant à l'injection dans le cylindre et *injection externe* correspondant à l'injection dans la tuyauterie d'admission.

Ces nouveaux modes de carburation suppriment les pertes d'essence pendant le balayage dans les moteurs à deux temps et rendent possible le balayage dans le cycle à quatre temps qui permet de réduire la fatigue thermique et d'accroître le coefficient de remplissage.

L'automaticité, c'est-à-dire la valeur la plus convenable du rapport air-essence a tous les régimes, et surtout la répartition du combustible dans plusieurs cylindres du moteur, réalisée d'une manière imparfaite par le carburateur, peuvent être réglés dans ces deux cas par le contrôle mécanique du débit des pompes.

Le givrage et le danger de retour de flamme, qui dans l'application à l'aéronautique sont une source d'accidents, disparaissent dans le cas de l'injection interne.

Le but de la présente Note est de préciser certaines caractéristiques de l'injection interne. Celle-ci peut être réalisée durant la phase d'aspiration ou durant la phase de compression. Pour réaliser ces études, nous avons établi, sur un moteur à compression variable tournant à régime élevé, une culasse spéciale équipée d'un dispositif d'injection et portant en un point donné une bougie d'allumage. La première expérimentation fut la comparaison des conditions de marche du moteur en réalisant l'injection d'essence durant différents instants de l'aspiration et de la compression. Les résultats obtenus permettent de dire que la pression moyenne effective maxi-

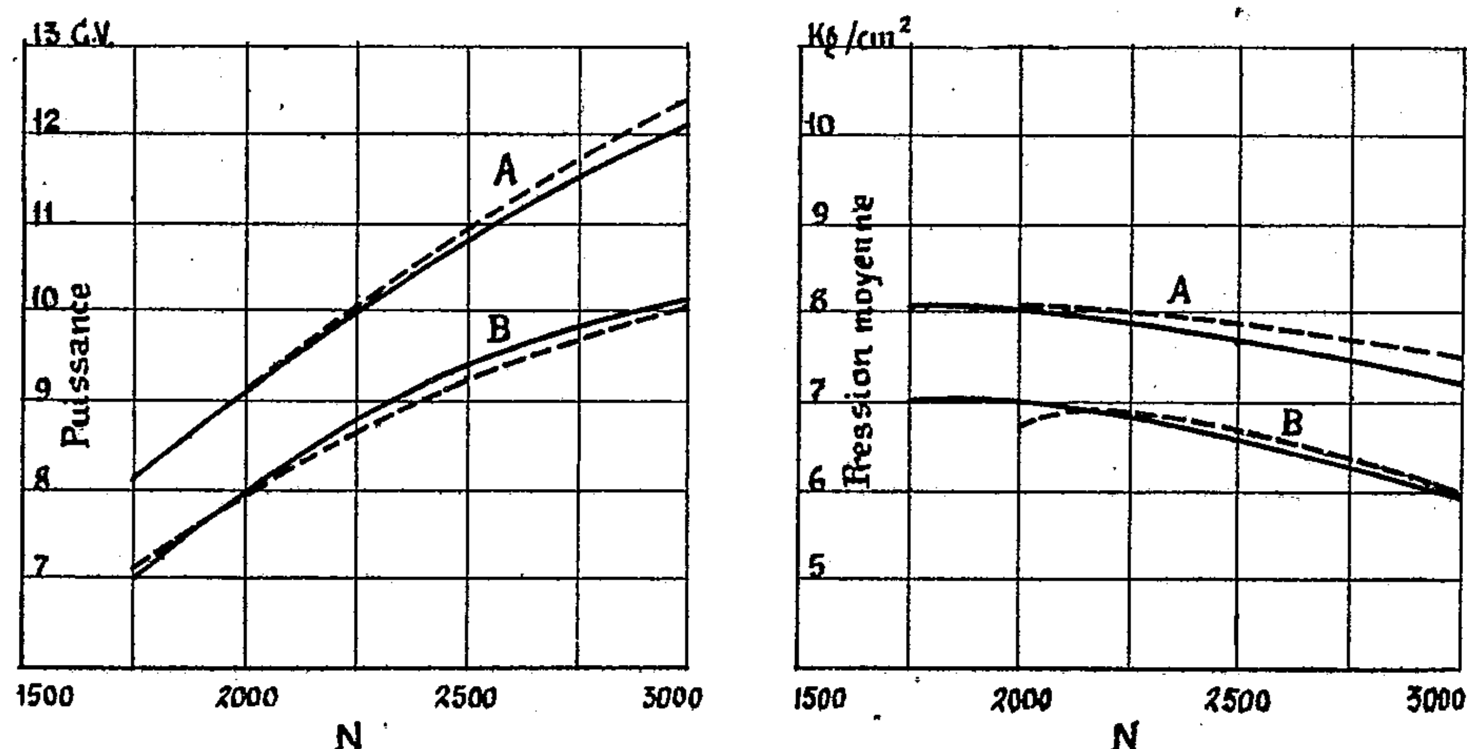
(¹) Séance du 19 avril 1937.

mum a été obtenue lorsqu'on réalisait le début de l'injection au milieu de la phase d'aspiration, et la consommation la plus avantageuse lorsqu'on effectuait cette injection durant la première partie de la phase d'aspiration. L'injection durant le temps de compression a montré que ce calage permettait, pour un combustible et un taux de compression donnés, de diminuer les tendances à la détonation. Si le problème de l'injection dans un moteur Diesel ne peut être résolu que par une étude parallèle des conditions de la pulvérisation, de l'orientation et de la pénétration des jets ainsi que de celle du mouvement en masse de l'air dans une chambre de combustion de forme déterminée, l'expérience nous a montré que le problème analogue de l'injection interne de l'essence est encore plus complexe par suite de la fixité du point d'allumage. Les conditions de combustion du mélange air-essence sont fort différentes dans un tel type de moteur, car une part importante du mélange peut être encore à l'état de gouttelettes quand la combustion débute. L'adaptation du jet d'une forme déterminée à une culasse possédant un ou plusieurs dispositifs d'allumage peut modifier le processus de combustion.

Pour les instants d'injection que l'expérimentation a révélés les plus satisfaisants dans le moteur expérimenté, on a effectué une série d'essais qui ont permis de déterminer la variation de la puissance et de la consommation en fonction de la vitesse de rotation en maintenant constante la richesse du mélange explosif. Cette richesse a été déterminée au moyen de l'analyse chimique quantitative des gaz d'échappement et par la mesure électrique de leur teneur en hydrogène. Ces résultats sont représentés par la courbe A du premier graphique.

Les mêmes essais ont été effectués dans les mêmes conditions expérimentales en munissant le moteur d'un carburateur normal (même graphique, courbe B). Ces expériences comparatives des conditions de fonctionnement des deux modes de carburation ont permis de conclure que l'injection interne de l'essence permettait de réaliser une augmentation de puissance massique et de pression moyenne efficace correspondante variant entre 12 pour 100 et 17 pour 100. Cet avantage est d'autant plus sensible que la vitesse de rotation du moteur est plus élevée et les mouvements en masse du carburant plus accentués. La culasse du moteur expérimenté, ainsi que le dispositif d'injection, n'étant pas particulièrement favorable à l'injection interne d'essence, il est vraisemblable que ces résultats pourront être encore améliorés. Les premiers essais ont montré une amélioration de la consommation spécifique d'environ 7 pour 100. Toutes ces comparaisons

ont été établies en maintenant constantes les conditions de réfrigération du moteur, la température de l'huile, la pression et la température de l'admission. La température et la pression atmosphériques, ainsi que l'état hygro-



métrique de l'air étaient sensiblement les mêmes pour les essais comparés. Les divers relevés de diagrammes effectués par la méthode photo-cathodique ont montré une diminution de la tendance à la détonation dans le cas de l'injection. Ces considérations thermodynamiques sont confirmées par le fait que l'avance à l'allumage, pour la même richesse et le même régime de rotation, est presque la même pour l'injection interne que pour la carburation préalable, mais donne dans le cas de l'injection interne une pression efficace plus élevée.

PHYSIQUE MOLÉCULAIRE. — *Sur la viscosité des couches superficielles monomoléculaires*. Note de MM. **D. G. Dervichian** et **Maurice Joly**, présentée par M. Jean Perrin.

Une surface d'eau est partagée en deux compartiments renfermant des films monomoléculaires d'une même substance, mais à des concentrations superficielles différentes. Si l'on pratique une ouverture dans la paroi qui sépare les deux compartiments, le fluide à deux dimensions s'écoule de l'un dans l'autre ; le débit variant évidemment avec la largeur du canal, mais aussi avec la différence de pression.

Nous avons recherché dans quelle mesure une viscosité superficielle de la substance étalée intervient dans la résistance à l'écoulement.

L'adaptation de la méthode des écoulements capillaires à ce phénomène à deux dimensions est possible grâce à une modification de l'appareil de Marcellin-Guastalla [1]. Le canal est constitué par deux lames de mica aux bords bien rectilignes fixés à un bâti en duralumin, rigide, mais très léger de façon que les lames étant posées à plat sur l'eau, le tout puisse flotter. Le parallélisme et la distance des bords sont réglés et mesurés une fois pour toutes au microscope avec une précision supérieure au 1/50e de millimètre. Dans le cas de canaux d'une largeur supérieure à 5^{mm}, la position des lames de mica est déterminée par 4 tiges verticales fixées à un « pont » mobile. Un système de vis de rappel permet de régler l'écartement qu'on peut évaluer à 1/10e de millimètre près à l'aide d'un vernier. Le compartiment des pressions supérieures comprend une partie étroite qui constitue une jauge dans laquelle se déplace un piston dont les mouvements, commandés par une vis de rappel, peuvent être appréciés, grâce à un index à 1/4 de millimètre près. C'est la bandelette de la balance de torsion qui sépare les deux compartiments. Elle est reliée aux bords du cadre et du canal par des fils de soie vaselinés et suspendue à un fil d'acier dont le couple de torsion permet d'apprécier le 1/40e de dyne.

On maintient la différence de pression constante pendant toute la durée de l'écoulement, soit par compression à l'aide du premier piston soit en produisant une détente à l'aide d'un second piston qui se déplace dans le compartiment des pressions inférieures. Nous déterminons la quantité de substance écoulée en mesurant *sous la même pression absolue*, les surfaces initiales et finales S_1 et S_2 de la couche dans le compartiment de pression supérieure. Le quotient de la différence $s_1 - s_2$ par le temps t de l'écoulement donne le débit superficiel Q.

Lois générales de l'écoulement. — En étudiant différents films liquides, on vérifie que pour chaque valeur D de largeur du canal, le débit superficiel est proportionnel à la différence de pression Δp et inversement proportionnel à la longueur L du canal (nous avons fait varier Δp de 1 à 11 dynes et L de 2 à 16^{cm} pour des valeurs de D allant de 0,66 à 13^{mm}). Ceci permet de définir un *débit réduit* $q = QL/\Delta p$, débit qui serait relatif à un canal de 1^{cm} de longueur et une différence de pression de 1 dyne/cm. Cette grandeur est connue avec une précision de l'ordre de 5 pour 100.

A titre de comparaison, nous avons examiné une couche solide de trimyristine. Il n'y a plus écoulement visqueux; la proportionnalité du débit à la

[1] J. GUASTALLA, *Comptes rendus*, 189, 1929, p. 241.

chute de pression et à l'inverse de la longueur du canal ne se vérifie plus; il y a laminage et brisure de la couche. La rigidité du film peut empêcher l'équilibre de s'établir au-dessous d'un certain seuil de pression et il arrive que le débit ne soit plus une fonction croissante du diamètre du canal. Les débits observés sont de 1000 à 2000 fois plus petits que dans le cas des films liquides.

Variation du débit en fonction du diamètre. — Le tableau suivant donne les valeurs du débit superficiel réduit obtenues avec des couches fluides de quatre subtances différentes et pour des diamètres différents du canal. La tribenzoïne a été étudiée sous une pression absolue de 2,5 dynes/cm, les trois autres corps à 5 dynes.

	Débit réduit QL/P.					
Corps. D(mm)...	0,66.	1,17.	2,6.	4.	6.	13,3.
Acide stéarique sur HCl N/100 (état fluide).	0,055	0,22	1,1	3,2	7,5	22
Acide oléique sur HCl N/100............	0,095	0,32	1,4	3,7	9,0	22
Trioléine sur eau distillée...............	0,110	0,35	1,5	3,6	9,4	23
Tribenzoïne sur eau distillée............	0,160	0,46	1,8	4,2	10,1	23

La résistance à l'écoulement provient, d'une part, des forces qui s'exercent entre molécules à l'intérieur même de la couche et dans son plan (viscosité propre de la substance étalée) et, d'autre part, du frottement sous la couche, entre celle-ci et le support et entre les couches successives à l'intérieur de l'eau. L'influence de la viscosité propre de la couche se fera donc surtout sentir dans les canaux étroits. C'est bien ce que révèle l'examen des chiffres du tableau. On constate qu'à mesure que la largeur croît, la viscosité propre de la couche devient négligeable, les débits tendent vers les mêmes valeurs, indépendamment du corps étudié.

ÉLECTROCHIMIE. — *Sur la valeur de la méthode microscopique pour l'étude de la structure des dépôts électrolytiques.* Note de M. **Pierre Jacquet**, présentée par M. Georges Urbain.

D'après G. I. Finch et A. L. Williams [1], la structure cristalline des dépôts électrolytiques ne peut être étudiée complètement par l'examen microscopique. Selon eux, les conclusions que l'on tire de cette étude, surtout en ce qui concerne la continuité du réseau cristallin de la cathode

[1] *Trans. Faraday Soc.*, 33, 1937, p. 564.

dans le dépôt, doivent être confirmées par les spectres de diffraction électronique. Ce point de vue a été combattu par D. J. Macnaughtan et A. W. Hothersall (²), mais leurs arguments reposent sur l'observation des coupes perpendiculaires au support, tandis que Finch et Williams examinent les surfaces elles-mêmes avant et après électrolyse.

J'ai montré (³) que l'examen microscopique de ces surfaces permet de préciser le type de structure de plusieurs dépôts, mais pour cela il est essentiel, et cette condition n'est pas remplie dans le travail signalé au début, que la surface cathodique initiale soit parfaitement lisse et brillante afin d'éviter toute hétérogénéité physique, et de pouvoir mettre nettement en évidence les plus faibles modifications apportées par le dépôt. Au moyen de la technique déjà décrite (³), j'ai étudié la continuité cristalline d'un certain nombre de dépôts minces sur une cathode de cuivre. Après l'observation microscopique, le dépôt est recouvert de cuivre électrolytique épais (obtenu en solution de sulfate acidifiée, avec 1 ampère par décimètre carré); si l'examen d'une section normale à la surface montre que ce deuxième dépôt reproduit et prolonge la structure cristalline de la cathode en cuivre, c'est que le premier dépôt mince reproduit lui-même le réseau de cette cathode.

1° Lorsque le dépôt mince se forme en *dessinant* dans tous ses détails la *structure interne* de chacun des cristaux du support (celle-ci étant observable après polissage et attaque anodiques (⁴), la continuité cristalline est parfaite. On observe ces phénomènes avec le cuivre déposé en bain de sulfate acidifié et dans des limites de densité de courant assez larges; avec le cuivre, l'argent et le cadmium déposés en bains de cyanures, à des densités de courant inférieures à la valeur limite correspondant à l'apparition de la décharge des ions hydrogène. L'épaisseur de ces dépôts est comprise entre $0^{mm},001$ et $0^{mm},008$, mais la formation des dépôts les plus épais peut introduire de nouveaux facteurs provenant, par exemple, de l'évolution de la solution dans la couche cathodique.

2° Les dépôts de cuivre, argent, cadmium en solutions de cyanures et de nickel en solution de sulfate, avec des densités de courant correspondant à une décharge importante des ions hydrogène, ne reproduisent jamais la structure interne des cristaux du support; mais avec les dépôts très minces

(²) *Met. Ind., London,* 50, 1937, p. 468

(³) *Comptes rendus,* 204, 1937, p. 172.

(⁴) P. Jacquet, *Bull. Soc. Chimique de France,* 5ᵉ série, 3, 1936, p. 705.

on observe quelquefois la conservation de la forme générale des grains. On obtient des résultats analogues avec le cuivre déposé en bain de sulfate acidifié sur une cathode recouverte d'une couche d'adsorption de protéine. Ces dépôts sont toujours microcristallins, et empêchent toute continuité de la structure du support dans le deuxième dépôt (cuivre épais).

3° Le cuivre (en solution de cyanure) et le nickel (en solution de sulfate) déposés avec une très faible décharge des ions hydrogène reproduisent partiellement la structure interne de certains cristaux de la cathode. Le fait que dans le deuxième dépôt (cuivre épais) la forme générale de ces cristaux est respectée mais que leur orientation est toujours perpendiculaire à la cathode, tend à prouver que le dépôt mince est formé de petits cristaux ayant pour origine les centres actifs du réseau cristallin non bloqués par l'hydrogène. Sur d'autres grains du support, d'ailleurs en majorité, la structure est identique à celle décrite dans le paragraphe précédent.

4° Quelle que soit la densité du courant, le cuivre (en solution de cyanure) et le nickel (en solution de sulfate) ne reproduisent jamais la structure interne des cristaux du support si, pendant l'électrolyse, la cathode a été sortie plusieurs fois de la solution. Ces dépôts sont microcristallins, et la continuité cristalline est toujours absente.

Conclusion. — Ces expériences montrent qu'au point de vue de la continuité on doit attacher une importance particulière à la structure intracristalline du support. Lorsqu'il est effectué dans des conditions convenables, l'examen microscopique de la surface peut mettre en évidence de faibles variations dans la structure des dépôts. Cette méthode permet en outre l'exploration totale de la cathode, pratiquement irréalisable si l'on emploie la diffraction des électrons.

OPTIQUE. — *Sur l'observation du phénomène de Sagnac avec une source éclairante non entraînée.* Note de MM. **Alexandre Dufour** et **Fernand Prunier**.

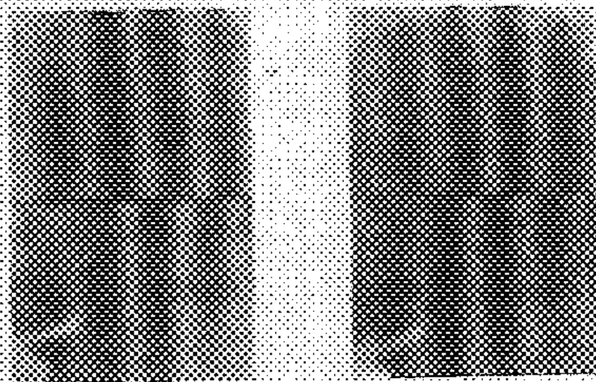
Dans le montage habituel de l'interféromètre tournant de Sagnac, la source lumineuse, et l'observateur qui repère les positions des franges, sont tous deux solidaires du disque qui entraîne l'appareil. Nous nous sommes proposé de réaliser le remplacement de la source précédente par une source lumineuse n'appartenant pas au système tournant, et de recher-

cher si cette nouvelle disposition expérimentale ne modifiait pas la grandeur du phénomène de Sagnac pour l'observateur entraîné par le disque en rotation.

L'appareil qui nous a servi est du même type que celui de Sagnac, mais la glace séparatrice des faisceaux interférents occupe le centre du disque. Le diamètre du plateau mobile a été porté à 1^m. L'aire limitée par les parcours optiques atteint 28^{dm^2}, ce qui permettait de compter sur un phénomène de Sagnac de l'ordre du dixième de frange en lumière bleue et pour une vitesse angulaire d'un tour par seconde.

L'illumination du circuit optique par une source lumineuse ne participant pas à la rotation de l'interféromètre, est réalisée sous la forme d'éclairs se produisant une fois par tour, et dont la durée, variable avec la vitesse, est restée de l'ordre de 10^{-5} seconde. Cette durée, faible par rapport au temps mis par le disque pour faire un tour, est cependant très supérieure au temps de parcours de la lumière dans l'interféromètre.

Pour obtenir, dans ces conditions, une impression acceptable sur la



plaque photographique entraînée, nous avons utilisé une source de lumière blanche et des plaques panchromatiques. La durée de pose a pu être réduite à quelques minutes pour chaque sens de rotation.

Afin de pouvoir effectuer des comparaisons, nous avons aussi réalisé des photographies de l'effet Sagnac avec le montage habituel, en ayant soin de conserver la même espèce de source lumineuse et les mêmes plaques, mais en modifiant la durée de l'expérience pour obtenir des impressions photographiques comparables dans les divers cas.

Les spécimens donnés ici à titre d'indication, représentent, agrandis quatre fois, deux des clichés originaux obtenus quand la vitesse de rotation atteignait environ quatre tours par seconde.

Le cliché de gauche précise l'effet Sagnac, observé quand la source est entraînée. Le cliché de droite montre la grandeur de cet effet quand la

source éclairante est maintenue fixe dans le laboratoire. On voit que le décalage des franges est sensiblement le même dans les deux clichés.

Les mesures ont montré que, dans un cas comme dans l'autre (source entraînée ou non), la valeur trouvée pour l'effet Sagnac subissait des variations accidentelles atteignant, dans certaines déterminations, 15 pour 100 de la valeur moyenne, de sorte qu'on doit considérer un nombre suffisant d'observations si l'on veut espérer une bonne approximation. La cause de ces variations accidentelles se trouve vraisemblablement dans les modifications irrégulières des chemins optiques des rayons des faisceaux, modifications résultant des remous produits dans l'air ambiant par la rotation de l'appareil. Quand une précision plus grande sera nécessaire, il y aura donc lieu de placer l'interféromètre tournant dans une atmosphère à pression réduite.

En résumé, pour l'observateur entraîné avec l'interféromètre, l'effet Sagnac reste pratiquement de même valeur, comme on pouvait d'ailleurs s'y attendre, que la source éclairante participe ou qu'elle ne participe pas au mouvement de rotation de l'appareil. Mais la technique particulière indiquée ici présente l'intérêt de permettre l'utilisation de l'interféromètre tournant dans des conditions expérimentales différentes de celles de Sagnac.

SPECTROSCOPIE. — *Spectre d'absorption du protoxyde d'azote à l'état liquide*. Note de M. **Boris Vodar**, présentée par M. Charles Fabry.

J'ai mesuré quantitativement l'absorption de N^2O liquide dans l'ultraviolet sous 2^{cm} d'épaisseur, par la photométrie photographique; les pertes de lumière par réflexion ont été éliminées en étalonnant par rapport à l'eau ou en utilisant deux épaisseurs différentes; on a vérifié que l'eau n'absorbe pas dans le domaine ultraviolet utilisé. Les deux procédés conduisent à des coefficients d'absorption identiques; une vérification directe, sur un corps plus facile à manipuler (acétone) confirme ce résultat.

La méthode employée permet de travailler avec n'importe quel gaz liquéfié. La cuve comporte quatre faces parallèles mais non normales à l'axe; entre les deux premières on a fait le vide; la deuxième et la troisième (distantes de 2^{cm}), la troisième et la quatrième (distantes de 1^{cm}), délimitent deux volumes indépendants, où l'on peut faire le vide ou condenser du liquide; dans ce cas, les faces plongent dans le liquide, il ne reste pas de gaz sur le chemin optique. Derrière la quatrième face se trouve un petit espace

rempli d'hydrogène, et fermé par un miroir normal à l'axe; le tout est entièrement soudé; la présence d'hydrogène permet de refroidir facilement la quatrième face.

La lumière de la source traverse verticalement un miroir semi-aluminé à 45°, descend dans la cuve qui est à peu près verticale, remonte après réflexion sur le miroir du fond, et se réfléchit à angle droit sur le miroir semi-aluminé. Toute lumière n'ayant pas traversé le liquide (réfléchie sur les faces) est déviée et ne pénètre pas dans le spectrographe, le très léger déplacement latéral qui se produit lorsqu'on change d'épaisseur ne saurait gêner les mesures, parce que le miroir du fond est un peu plus large que le faisceau.

La cuve est soudée à un appareil à distiller dans le vide à trois étages. Après étalonnage sur l'eau, on vide la majeure partie de l'eau par aspiration dans un récipient auxiliaire; on dessèche en pompant par l'intermédiaire d'un piège à air liquide, et en chauffant fortement la cuve. Puis on condense le gaz à *l'état liquide* en plongeant la cuve dans un cryostat. Lorsqu'on étudie deux épaisseurs, on évapore le liquide et on en condense une autre épaisseur. Après évaporation de l'eau ou du gaz liquéfié, il ne reste aucun dépôt sur les faces, si les liquides sont rigoureusement propres. Le pouvoir réflecteur de notre miroir ne change pas avec la température.

On a constaté que le gaz est anhydre et pur, et donne des résultats constants s'il a été distillé trois fois dans le vide et *très lentement*, sans ébullition. On règle la vitesse en plongeant plus ou moins le piège d'où l'on distille dans un vase de Dewar; on emploie l'air liquide pour les deux premières distillations (le gaz se condense à l'état solide); la dernière se fait directement dans la cuve, les gaz devant être liquéfiés pour éviter les bris par dilatation. Cette dernière distillation est très lente, de 4 à 10 heures pour 10^g de gaz. Le gaz étudié n'existe à l'état liquide qu'entre — 90°,8 et — 89°,5, sous la pression atmosphérique; on le condense sous une pression de l'ordre de $1^{atm},5$.

Le cryostat est formé de deux vases de Dewar, placés l'un dans l'autre; entre les deux vases on verse de l'azote liquide; le vase intérieur renferme un cylindre de cuivre pour uniformiser les températures, une résistance chauffante, et un régulateur rempli de pentane (construit de telle sorte qu'on puisse facilement ajuster la température à telle valeur que l'on veut). Un bain liquide d'éther de pétrole est nécessaire pour hâter les distillations et éviter l'action des courants d'air venant de l'extérieur.

Les coefficients d'extinction sont les suivants :

Longueur d'onde.....	2275.	2300.	2325.	2350.
$-82°,5$............	0,37	0,23	0,14	0,09
$-86°,5$............	0,29	0,20	0,13	0,09

Malgré le faible écart de 4° il est certain que l'absorption varie avec la température.

MAGNÉTOOPTIQUE. — *Contraste entre les lois de la variation thermique du pouvoir rotatoire magnétique dans les cas des nitrates de manganèse et de gadolinium d'une part, des nitrates de cérium, néodyme, praséodyme, d'autre part.* Note de M. **H. Ollivier**, présentée par M. Pierre Weiss.

A la série des mesures faites ([1]) sur la variation thermique du pouvoir rotatoire magnétique spécifique G et de son inverse f, j'ai pu ajouter, entre autres, des mesures relatives à des nitrates paramagnétiques dissous. Le nitrate a généralement été préféré au chlorure, l'ion NO^3 étant bien moins actif que l'ion chlore. La lumière habituellement employée a été la lumière verte du mercure, produite par un arc Cotton. On s'est tenu aussi loin que possible des régions de forte absorption.

Les propriétés optiques (absorption, dispersion) sont l'un des facteurs essentiels du phénomène magnétooptique, mais d'autres facteurs interviennent. Les sels paramagnétiques forment plusieurs groupes.

I. Le premier groupe comprend notamment les sels céreux, très actifs ([2]) et les sels ferreux. f varie, en fonction de la température absolue T, suivant une loi linéaire, qui est analogue à la *loi de Weiss* pour le paramagnétisme. A ce groupe appartiennent encore les corps suivants, cités à titre d'exemples.

Nitrate de praséodyme (échantillon commercial; titre de la solution $\tau = 0{,}3818$). Rotations *négatives*, grandes, variant rapidement avec T. Le phénomène ressemble beaucoup à celui des sels céreux. La courbe représentant les variations de f est remarquablement linéaire de 0° à 80° C.

$-18 f = 21{,}5 + T$ ($\Theta = -21°{,}5$ abs. est l'analogue d'un point de Curie virtuel).

Nitrate de néodyme (échantillon commercial; titre de la solution $\tau = 0{,}410$).

([1]) Cf. notamment H. Ollivier, *Bull. Soc. fr. de Physique*, 4, 1933, p. 136S; 5, 1934, p. 145S; 6, 1935, p. 113S; 7, 1936, p. 148S; *Livre jubilaire de M. Marcel Brillouin*, p. 384 (avec renvois bibliographiques aux publications de MM. Becquerel, Dupouy, Haenny, Ladenburg, de Mallemann, Pillai, Roberts, Scherer et d'autres savants).

([2]) Dupouy, *Comptes rendus*, 202, 1936, p. 646; Haenny, *Thèse de Paris*, 1936 et *passim*.

Bien que rose, la solution est très transparente pour la lumière verte du mercure. Rotations *négatives*, inférieures aux précédentes. La variation de f a été trouvée exactement linéaire :

$$-11,3_{14} f = 12,0_6 + T \qquad (\Theta = -12^0 \text{ abs.}).$$

Nitrate d'erbium (solution rosâtre, bien transparente, de titre voisin de 0,43, sel commercial un peu impur). Rotations *positives*, inférieures à celles de l'eau, variant rapidement avec T. Le phénomène ressemble à celui des sels ferreux dilués. Le corps dissous est *négatif;* le point de Curie est voisin de + 170° abs.

II. Dans le second groupe, je fais d'abord figurer les sels de manganèse. On sait depuis longtemps que les solutions des sels manganeux, fortement paramagnétiques, donnent des rotations magnétiques médiocres, positives. J'ai mesuré les variations de G et de f : 1° pour des solutions de chlorure de manganèse (titres : 0,3961 et 0,2429); les valeurs de G (+ 0,0156 et 0,0189 à 15°) croissent très lentement avec T; 2° pour des solutions de nitrate (exemple : pour $\tau = 0{,}5059$, à 15°, $G = 0{,}00291$); les valeurs de G, plus petites que dans le cas où l'anion est le chlore, croissent très lentement avec T. Il en est exactement ainsi dans les cas de nombreux corps diamagnétiques positifs (nitrates de sodium, de magnésium) que j'ai aussi étudiés.

Le calcul de G pour les ions eux-mêmes [3], fait en utilisant les résultats précédents conduit, pour l'ion Mn^{++}, à la valeur $G = 0$, sans variation thermique notable, si l'on part des nombres relatifs au chlorure; à une valeur positive très petite et sans variation notable, si l'on part des nombres relatifs au nitrate.

On a bien voulu me confier 1g de sulfate de gadolinium, sel peu soluble, dont j'ai cependant étudié une solution de titre 0,0218; j'ai préparé à partir de ce corps une solution de nitrate de titre 0,122. Les rotations magnétiques étaient positives, peu inférieures à celles de l'eau [4]. La valeur de G calculée a été trouvée positive, petite (0,0012), lentement croissante avec T. La part revenant à l'ion Gd était, comme dans le cas du manganèse, très voisine de zéro.

On doit remarquer qu'avec les notations des spectroscopistes les termes fondamentaux sont : ^2F pour Ce^{+++}, ^3H pour Pr^{+++}, ^4J ou ^5J pour Nd^{+++},

---

(3) On ne peut appliquer sans précautions ni réserves la loi d'additivité aux ions eux-mêmes (DE MALLEMANN, GABIANO, *Annales de Physique*, 10e série, 20, 1933, p. 68; *Bull. Soc. phys.*, 8, 1937, p. 25 S).

(4) En accord avec une observation de Chinchalkar, *Phil. Mag.*, 20, 1935, p. 856.

mais que ce terme est ^8S pour Gd^{+++}. On sait (Stoner) qu'il en est de même pour l'état de l'ion $Mn^{++}(^6S)$. Le cas de ces deux ions dans un état S semble plus facile à élucider que celui du nickel, type d'un autre groupe de corps.

RADIOACTIVITÉ. — *Sur l'identification rapide par le rayonnement γ de l'actinium, du radiothorium et du mesothorium.* Note de Mlle **Catherine Chamié**, présentée par M. Jean Perrin.

Pour identifier des radioéléments en tubes scellés appartenant à des familles différentes, on peut mesurer le courant d'ionisation dû au rayonnement γ, en le filtrant par des écrans de plomb d'épaisseurs variées, et construire les courbes d'absorption. W. Bothé (1) avait proposé un dispositif spécial permettant d'identifier les ampoules contenant du Ra pur ou impur, du MsTh jeune ou vieux et du RdTh. Sa méthode n'est applicable qu'à des sources d'activité supérieure en γ à 5^{mg} de Ra, à cause des épaisseurs de plomb considérables que doit traverser le rayonnement.

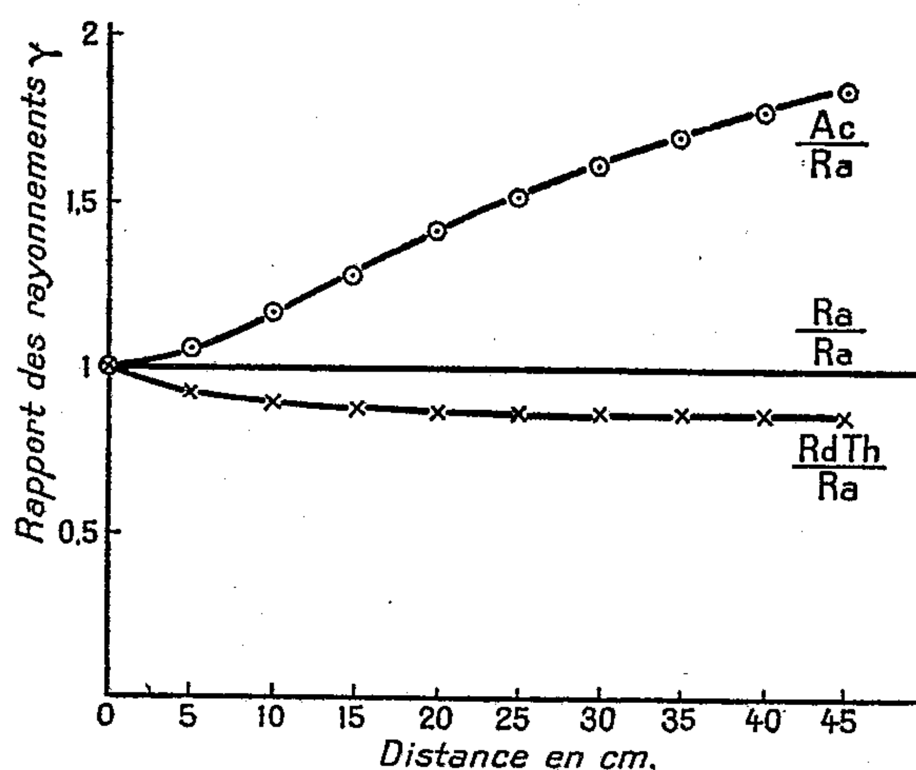
J'ai cherché à établir une méthode d'identification plus rapide, sans nécessité de construire des courbes d'absorption, et susceptible d'être appliquée à des préparations faibles inférieures à 1^{mg}.

Dans cette méthode le dispositif expérimental est celui que l'on utilise ordinairement pour les mesures en rayons γ (2). La chambre d'ionisation est un condensateur cylindrique de 50^{cm} de diamètre et de 5^{cm} de hauteur recouvert d'un écran de plomb fixe de 1^{cm} d'épaisseur. Les tubes à mesurer se placent soit directement sur le plomb, soit au-dessus du plomb à des distances qui varient de 0 à 45^{cm}.

Le *principe de la méthode* est basé sur la considération suivante : en comparant deux tubes dont l'un contient du radium et l'autre un radioélément R′ à rayonnement γ moins pénétrant que le premier, le rapport des rayonnements R′/Ra augmente avec la distance des ampoules au condensateur. En effet, lorsque l'ampoule est placée directement sur le condensateur, celui-ci reçoit avec les rayons normaux tous les rayons obliques. Les rayons très obliques qui font des longs trajets dans le plomb subissent une grande perte de rayonnement pour le radioélément à rayons γ plus

(1) W. Bothé, *Zeitschrift für Phys.*, 24, 1924, p. 10.
(2) Mme P. Curie, *Radioactivité*, 1935, Paris.

mous, tandis que cette perte est moins sensible pour le radioélément à rayons plus durs. Or, en plaçant les ampoules à une certaine distance au-dessus du condensateur, l'angle solide des rayons diminue et les rayons très obliques sont complètement éliminés. Il en résulte que la comparaison des rayonnements des deux sources se réduit à la comparaison de leurs rayons plus ou moins normaux au plan de l'écran. Le radioélément à rayonnement mou ne subit plus de pertes supplémentaires, et le



rapport R'/Ra se trouve augmenté. Si le radioélément R' a un rayonnement plus pénétrant que celui du Ra, le rapport diminue avec la distance.

Résultats. — Les courbes ci-dessus représentent la variation du rapport en fonction de la distance. Deux tubes de Ra d'intensités différentes donnent à toutes les distances le même rapport des rayonnements γ.

L'ampoule d'actinium en équilibre avec ses produits de destruction, ayant un rayonnement plus mou que celui du radium, donne une augmentation du rapport Ac/Ra qui atteint environ 85 pour 100 pour des mesures faites entre zéro et 45^{cm} de distance. Une ampoule de RdTh donne une diminution du rapport (RdTh)/Ra de 13 pour 100 environ pour les deux mesures à zéro et 45^{cm}. Les courbes dépendent des conditions géométriques des mesures et de l'épaisseur du plomb de l'écran, mais avec d'autres dispositifs, l'aspect général du phénomène reste le même.

Conclusion. — On peut, moyennant deux mesures, identifier avec certitude une ampoule d'Ac et de RdTh en comparant son rayonnement à celui du Ra, les ampoules étant placées soit sur l'écran de plomb, soit à une certaine distance de celui-ci.

En ce qui concerne le MsTh, la variation du rapport MsTh/Ra en fonction de la distance, dépend de l'âge et de la teneur en radium de l'ampoule. Ce rapport gagne quelques pour-cent, à 45^{cm}, pour le MsTh jeune et finit par perdre quelques pour-cent au fur et à mesure que le RdTh se forme. On peut donc également utiliser cette méthode pour l'identification du MsTh, à l'exception de l'époque où ce rapport devient constant pour les mesures entre zéro et 45^{cm}. A cette époque, la méthode de Bothé ne fournit pas non plus de résultats précis.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur les chaleurs de saturation et d'hydratation du sulfate de soude.* Note de M. **Jean Perreu.**

1. Chaleur de saturation. — La chaleur de saturation Q_C de l'hydrate $S.sH^2O$ est donnée par l'équation de Kirchhoff ([1])

$$\text{(I)} \qquad Q_C = \frac{T^2}{503} \frac{1 - sC}{C} \frac{d \log \frac{p}{P}}{dT}.$$

Dans cette relation, T représente la température absolue, C est la concentration de la solution saturée, p est la pression de vapeur de cette solution et P la tension maximum de la vapeur d'eau. Dans le cas d'un sel anhydre, l'équation précédente s'écrit :

$$\text{(I bis)} \qquad Q_C = \frac{T^2}{503\,C} \frac{d \log \frac{p}{P}}{dT}.$$

Au point de transition d'une courbe de solubilité, correspondant au dépôt des deux hydrates $S.s_1H^2O$ et $S.s_2H^2O$ ($s_1 > s_2$), on a la relation

$$\text{(II)} \qquad \frac{Q_{1C}}{Q_{2C}} = \frac{1 - s_1 C}{1 - s_2 C} \frac{d \log \frac{p_1}{P}}{dT} \Bigg/ \frac{d \log \frac{p_2}{P}}{dT},$$

en appelant Q_{1C} et Q_{2C} les chaleurs de saturation des deux hydrates, p_1 et p_2 les tensions de vapeur des solutions saturées en équilibre avec l'un d'eux, au voisinage de la température du point anguleux.

Cas du sulfate de soude. — J'ai vérifié l'équation de Kirchhoff pour les

([1]) *Pogg. Ann.*, 103, 1858, p. 177.

solutions saturées en sel de Glauber à 25° et à 30°, et pour la solution saturée en SO^4Na^2 anhydre à 35°; la formule (II) a été contrôlée pour l'équilibre avec la solution saturée, du décahydrate et du sel anhydre (32°, 4).

Mesures tonométriques. — J'ai trouvé les résultats suivants :

Solutions saturées en équilibre avec le décahydrate.

Températures	22°,5.	25°.	27°,5.	30°.	32°,4.
p_1 (mm de mercure)	18,64	21,31	24,52	27,63	30,95

Solutions saturées en équilibre avec le sel anhydre.

Températures	32°,4.	35°.	37°,5.
p_2 (mm de mercure)	30,95	35,85	41,20

Mesures calorimétriques. — J'ai trouvé les valeurs ci-après, pour le décahydrate

$$Q_{1C}(25^\circ) = -17^{cal},01, \qquad Q_{1C}(30^\circ) = -16^{cal},90, \qquad Q_{1C}(32^\circ) = -16^{cal},84;$$

pour le sel anhydre

$$Q_{2C}(34^\circ) = 2^{cal},88.$$

Vérifications. — *Relation* (I) (*décahydrate*). — 1° A 25°, on a

$$C_{25^\circ} = 0,0355, \qquad Q_{1C} = -17^{cal},01, \qquad \frac{d \log \frac{p}{P}}{dT} = -0,00511;$$

d'où $Q_{1C\,calc.} = -16^{cal},40$ (écart : 3,6 pour 100).

2° A 30°,

$$C = 0,0507, \qquad Q_{1C} = -16^{cal},90, \qquad \frac{d \log \frac{p}{P}}{dT} = -0,00963,$$

$$Q_{1C\,calc.} = -17^{cal},08 \text{ (diff. 1,2 pour 100).}$$

Relation (I *bis*) (*sel anhydre*). — A 35°,

$$C_{35^\circ} = 0,0622, \qquad Q_{2C} = 2^{cal},88, \qquad \frac{d \log \frac{p}{P}}{dT} = 0,00093.$$

Par suite, $Q_{2C\,calc.} = 2^{cal},82$ (écart 2,1 pour 100 environ).

Relation (II). *Point de transition* (32°,4). — On a

$$C_{32^\circ,4} = 0,0628, \qquad Q_{1C} = -16^{cal},84, \qquad Q_{2C} = 2^{cal},9;$$

le premier membre de la relation (II) est égal à —5,8. Les rapports

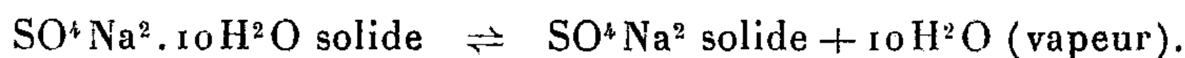
$(d \log p/\mathrm{P})/d\mathrm{T}$ sont égaux à $-0,0128$ et à $0,00085$. Le deuxième membre de la relation (II) est égal à $-5,6$; différence $-3,4$ pour 100 environ.

2. CHALEUR D'HYDRATATION. — La chaleur de combinaison $X_{s_2}^{s_1}$ de la molécule-gramme d'hydrate solide $S.s_2H^2O$, avec $s_1 - s_2$ mol-g d'eau liquide, pour former l'hydrate solide $S.s_1H^2O$, est exprimée par la formule

$$\text{(III)} \qquad X_{s_2}^{s_1} = \frac{T^2}{503}(s_1 - s_2)\frac{d\log\frac{p}{P}}{dT},$$

où p est la tension de dissociation de l'hydrate supérieur en hydrate inférieur et vapeur d'eau et P la pression maximum de la vapeur d'eau.

CAS DU SULFATE DE SOUDE. — La relation (III) a été vérifiée à 25° et 30° pour l'équilibre



$$SO^4Na^2.10H^2O \text{ solide} \rightleftharpoons SO^4Na^2 \text{ solide} + 10H^2O \text{ (vapeur)}.$$

Mesures tonométriques. — J'ai obtenu les valeurs suivantes :

Températures	20°.	22°,5.	25°.	27°,5.	30°.	32°,4.
p (mm de mercure)....	12,97	15,55	18,70	22,15	26,42	30,95

Mesures calorimétriques. — La chaleur d'hydratation X_0^{10} du sel anhydre a été calculée, en partant des chaleurs initiales q_{1_0} et q_{2_0} du décahydrate et du sulfate anhydre, suivant la formule $X = q_{2_0} - q_{1_0}$. J'ai trouvé :

$$X_{(25°)} = 19^{cal},61, \qquad X_{(30°)} = 19^{cal},67.$$

Vérification. — 1° A 25°,

$$\frac{d\log\frac{p}{P}}{dT} = 0,0110, \qquad X_{calc.} = 19^{cal},32 \text{ (diff. } 1,5\,\%).$$

2° A 30°,

$$\frac{d\log\frac{p}{P}}{dT} = 0,01087, \qquad X_{calc.} = 19^{cal},86 \text{ (écart de } 1\,\% \text{ environ)}.$$

Les mesures tonométriques ci-dessus donnent par suite un contrôle satisfaisant des relations thermodynamiques étudiées.

CHIMIE PHYSIQUE, — *Sur les méthodes d'essai à la corrosion du magnésium et des alliages ultralégers non protégés.* Note de M. **Jean Cournot** et Mlle **Louise Halm**, présentée par M. Léon Guillet.

Nous avons été chargés par la Commission française de la Corrosion, de l'Aéronautique, d'adapter les méthodes générales d'essais à la corrosion marine, à l'étude de ce phénomène sur le magnésium et les alliages ultralégers non protégés; on sait en effet que, dans ce cas, les activations habituellement employées en laboratoire sont trop brutales.

Nous avons expérimenté l'immersion totale, les immersions et émersions alternées et le brouillard, les méthodes d'appréciation étant, dans le premier cas, le volume de gaz dégagé, l'élévation de température, la vitesse initiale d'attaque, l'abaissement des caractéristiques mécaniques et la perte de poids; dans les deux autres cas, ces deux dernières déterminations.

La préparation initiale des surfaces a une grande importance; nous avons adopté un sablage (tamis de 90 — pression d'air 4^{kg}) suivi de brossage sous eau distillée, séchage rapide, dégraissage à la benzine pure (et non au trichloréthylène), séchage et essai immédiat.

Après de nombreuses séries d'essais, nous nous sommes arrêtés aux méthodes que nous allons indiquer.

Immersions et émersions alternées. — L'essai normalisé avec périodes de 30 minutes nous a donné de bons résultats, mais en solution saline extrêmement étendue.

La solution d'eau de mer artificielle, à sa concentration normalisée par l'Aéronautique, est trop active dans le cas envisagé; la courbe des pertes de poids en fonction du temps s'élève assez vite et, même pour une durée relativement brève d'essai, les résultats sur éprouvettes de même nature présentent une hétérogénéité excessive.

Nous avons d'abord essayé d'étendre la solution normalisée d'eau, d'alcool, de glycol, de glycérine, puis, en présence de la nécessité d'un taux très élevé de dilution, nous avons simplement adopté une solution à 0,03 pour 100 de chlorure de sodium pur dans l'eau distillée; la régularité d'attaque devient satisfaisante et la variation de poids en fonction du temps sensiblement linéaire.

Voici quelques résultats de pertes de poids (en g/m^2) montrant que la comparaison de classement est bonne entre l'attaque par cette solution très

étendue et la corrosion par l'eau de mer normalisée (moyenne de plusieurs éprouvettes) :

		Alliages coulés (pour 100).				Alliages laminés (pour 100).	
	Mg laminé 99,8 p. 100.	6 Al, 3 Zn, 0,4 Mn.	4 Al, 3 Zn, 0,4 Mn.	3 Al, 1 Zn, 0,4 Mn.	10 Al, 0,4 Mn.	6 Al, 1 Zn, 0,4 Mn.	1,8 Mn.
6 heures ([a])...	150	74	94	133	149	148	167
72 heures ([b])...	228	52	70	78	98	97	128

([a]) Eau de mer normalisée. — ([b]) Solution à 0,03 pour 100 NaCl.

Les pesées finales sont effectuées après décapage dans une solution aqueuse bouillante contenant : 20 pour 100 d'anhydride chromique, 1 pour 100 de chromate d'argent et 1 pour 100 de chromate de baryum, ces deux dernières additions ayant pour but de neutraliser l'action des chlorures résiduels formés en cours d'essai, et de l'acide sulfurique existant dans l'anhydride chromique.

Immersion totale. — Cette méthode, disposée en vue d'une mesure précise de la variation du dégagement gazeux en fonction du temps, donne aussi des résultats très satisfaisants; voici quelques déterminations effectuées sur un magnésium à 99,8 pour 100 dans des solutions aqueuses de chlorure de sodium pur : le dégagement gazeux, après s'être amorcé, présente une variation à peu près linéaire pendant quelque temps (de l'ordre de 45 minutes pour les faibles concentrations de l'ordre de 1 pour 100, 15 minutes pour les concentrations de l'ordre de 10 pour 100), puis l'attaque se ralentit; les valeurs suivantes expriment, dans la première période, la vitesse d'attaque (en cm^3/min, à 0° et 760^{mm}) (éprouvettes de 50×20^{mm} en 1^{mm} d'épaisseur, dans 2 litres de solution) :

I. Concentration °/₀ de la solution. — II. Vitesse d'attaque en cm^3/min.

I.	0,005	0,05	0,10	0,20	0,30	0,40	0,50	1,0	1,5	2,0	4,0	7,5	10,0
II.	0,5	1,3	1,8	2,3	3,0	3,6	3,8	4,4	4,7	5,2	6,0	6,9	7,7

La croissance de cette vitesse initiale d'attaque en fonction de la concentration est d'abord rapide, puis elle prend une allure sensiblement linéaire à partir des concentrations de 4 pour 100 environ et paraît tendre vers le maximum déjà signalé par W. Hughes ([1]) dans des conditions expérimentales toutefois un peu différentes.

Nous poursuivons des recherches analogues sur la corrosion des alliages protégés par des dépôts de surface.

([1]) *Journal of the Chemical Society*, 115-1, 1919, p. 272.

CHIMIE MINÉRALE. — *Action de la soude en solution sur l'aluminate tétracalcique hydraté.* Note [1] de Mlle **Jeanne Foret**.

Certains travaux récents ont indiqué que la précipitation des aluminates de calcium ne dépend que du pH du milieu, indépendamment de la nature de la base qui fournit l'alcalinité [2]. L'action de la soude en solution serait donc identique à celle de la chaux; en concentration de plus en plus grande elle favoriserait la formation d'aluminate de plus en plus calcique et en assurerait la stabilité. D'autre part les résultats d'Anselme [3] indiquent que la solubilité de la chaux dans une solution de soude est d'autant plus faible que la solution de soude est plus concentrée; et ceux de Russ [4] que la solubilité de l'alumine croît au contraire dans une solution de soude, en raison de sa concentration en soude. Ce dernier fait expliquerait la désagrégation des mortiers et bétons de ciment alumineux contenant des sables impurs ou des poussières de roches feldspathiques.

A partir de ces données en apparence contradictoires, ce travail a eu pour objet de préciser le sens de l'action de la soude en solution, sa mesure et sa limite sur l'aluminate tétracalcique hydraté.

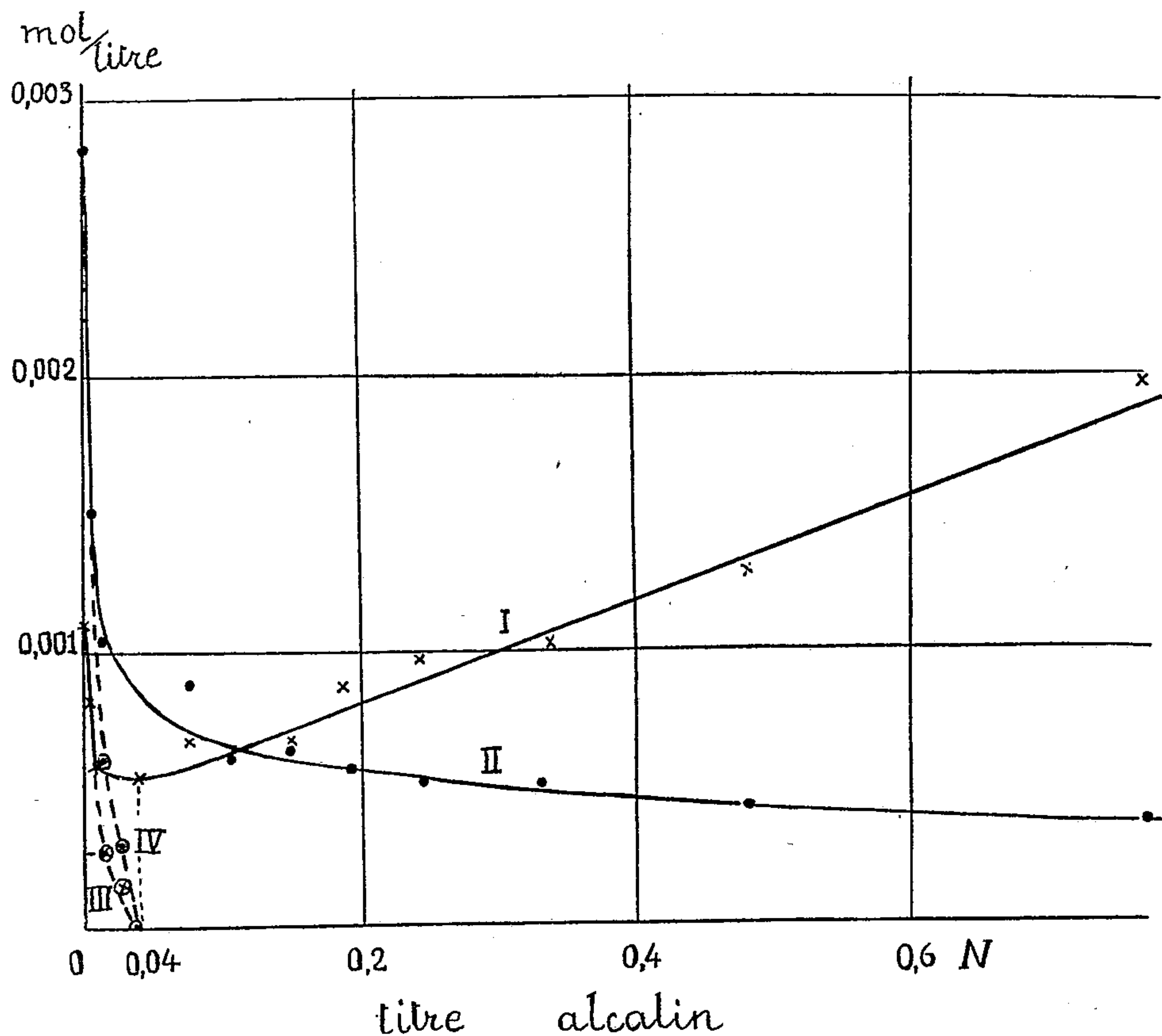
L'aluminate tétracalcique, fraîchement préparé, a été placé dans des flacons contenant des solutions de soude de concentration connue; et la solution a été analysée au bout de quelques jours, quand sa composition demeure sensiblement constante. La chaux et l'alumine ont été dosées gravimétriquement après séparation par la méthode aux azotates. D'autre part, l'aluminate tétracalcique hydraté a été placé dans des eaux de chaux de plus en plus concentrées et les solutions ont été analysées à l'équilibre.

Les résultats obtenus pour la décomposition de l'aluminate tétracalcique dans les solutions de soude sont représentés par les courbes I et II ci-après (I donne en ordonnées le nombre de molécules d'alumine dissous par litre de solution, et en abscisses le titre en soude de cette solution; II donne en ordonnées le nombre de molécules de chaux dissous par litre). Les courbes III et IV indiquent la décomposition de l'aluminate tétracalcique dans l'eau de chaux (III donne en ordonnées le nombre de molécules

(1) Séance du 26 avril 1937.
(2) Séailles, *Comptes rendus*, **195**, 1932, p. 662.
(3) *Bull. Soc. chim.*, 3e série, **29**, 1903, p. 936.
(4) *Zeit. anorg. Chem.*, **41**, 1904, p. 216.

d'alumine dissous par litre d'eau de chaux dont le titre est donné par l'axe des abscisses; IV donne dans les mêmes conditions le nombre de molécules de chaux restant par litre).

Jusqu'au titre o, oo5 N, la soude a donc un effet identique à celui de la



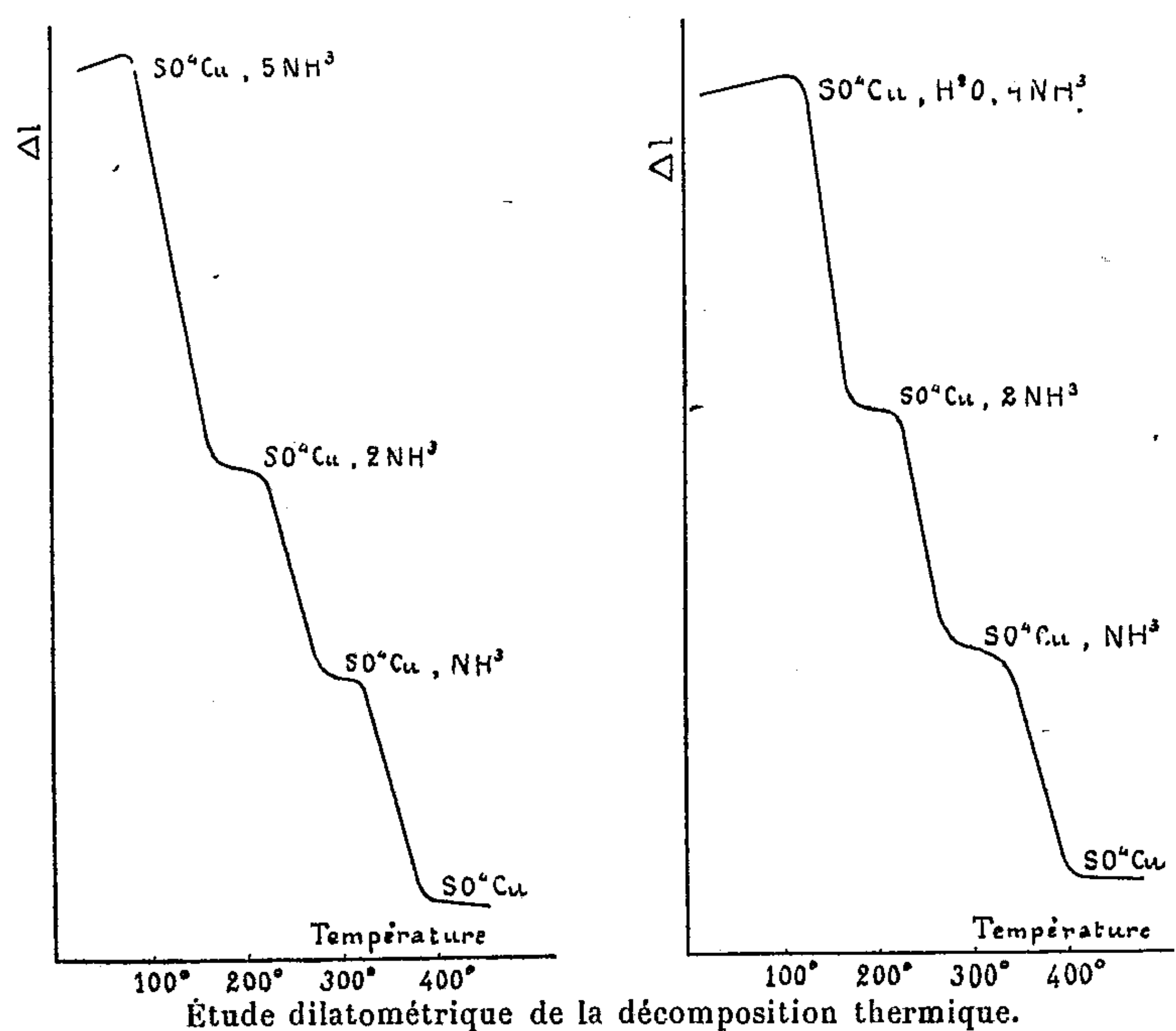
chaux, et jusqu'au titre o, o4 N cet effet est de même sens que celui de la chaux. Elle favorise la précipitation des aluminates de calcium et les décompose moins que l'eau pure. On peut donc dire, jusqu'à cette limite de o, o4 N, que la précipitation des aluminates de calcium et leur stabilité croissent avec le pH du milieu sodique, quoique l'action de ce pH ne soit pas identique quantitativement, pour les solutions les plus concentrées, à celle de la chaux.

Au-dessus de cette limite, la soude dissout de plus en plus l'alumine. L'effet de la soude, révélé par la seule analyse chimique des précipités, pourrait être confondu avec celui de la précipitation d'aluminates de plus

en plus calciques. L'analyse des liqueurs indique au contraire une véritable décomposition de l'aluminate tétracalcique, avec formation d'aluminate de soude soluble, et de chaux libre insoluble. Ce sont là deux causes de désagrégation des ciments alumineux.

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur la décomposition thermique des sulfates de cuivre ammoniacaux.* Note de MM. **Édouard Rencker** et **Pierre Vallet**, présentée par M. Georges Urbain.

Le sulfate de cuivre ammoniacal $SO^4Cu, 5NH^3$ est un composé bleu préparé en faisant passer un courant d'ammoniac sec sur du sulfate de cuivre anhydre, lui-même obtenu par déshydratation du sulfate hydraté dans l'air sec à 230°.

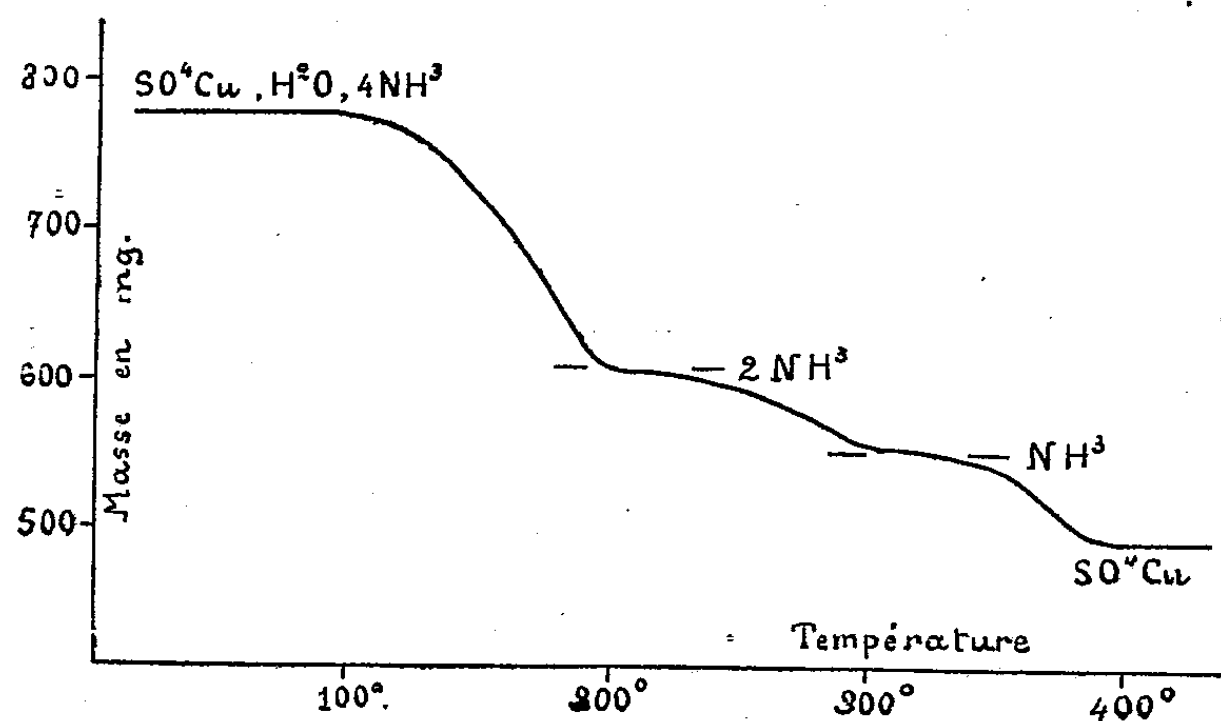


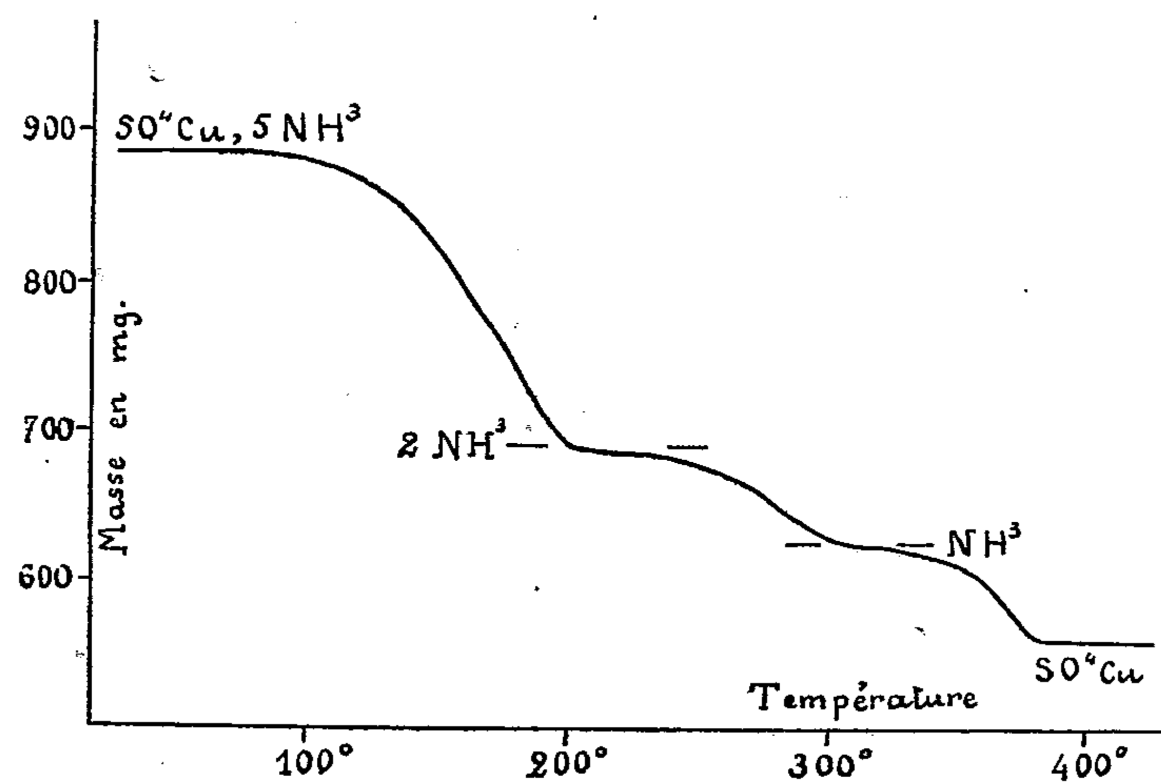
Étude dilatométrique de la décomposition thermique.

Le sulfate ammoniacal hydraté $SO^4Cu, 4NH^3, H^2O$ est précipité par l'alcool à partir d'une solution ammoniacale concentrée de sulfate de cuivre, il est de couleur violette.

La décomposition de ces deux produits dans l'air sec a été étudiée par la méthode dilatométrique ainsi que par la méthode de variation de masse

en température linéairement croissante. Chacune de ces méthodes a été décrite par l'un d'entre nous (¹). Dans chaque cas, la vitesse d'échauffe-





Variation de la masse en température linéairement croissante.

ment était de 40° à l'heure environ. Les enregistrements de ces expériences sont reproduits ci-dessus, les résultats sont concordants.

On a pu arrêter la décomposition thermique au dilatomètre pour chaque palier de longueur et analyser les produits obtenus. Les analyses ont comporté le dosage des proportions de cuivre, d'anhydride sulfurique et d'ammoniac, elles ont conduit aux conclusions qui suivent :

(¹) Rencker, *Bulletin de la Société Chimique*, 5e série, 3, 1936, p. 978; Vallet, *Thèse*, Paris, 1936, et *Annales de Chimie*, 7, 1937, p. 298.

La chaleur décompose le sulfate ammoniacal SO^4Cu, $5NH^3$ en donnant comme produits intermédiaires les ammoniacates SO^4Cu, $2NH^3$ vert clair et SO^4Cu, NH^3 vert plus foncé et enfin le sulfate anhydre. Le sulfate ammoniacal hydraté SO^4Cu, $4NH^3$, H^2O donne les mêmes produits intermédiaires de décomposition.

CHIMIE MINÉRALE. — *Précipitation et dosage des vanadates.* Note de MM. **Émile Carrière** et **Henri Guiter**, présentée par M. Robert Lespieau.

La précipitation des vanadates de sodium et d'ammonium a été étudiée en fonction du pH. Les solutions présentaient une concentration en anhydrite vanadique exactement déterminée voisine de $(O^5V^2)/40$, molécule-gramme/litre. Les essais ont porté sur le métavanadate d'ammonium, sur un vanadate de sodium qui était un mélange de métavanadate et de pyrovanadate, sur l'orthovanadate de sodium renfermant une faible proportion dosée de carbonate de sodium. La variation du pH est obtenue en ajoutant, à un volume donné de la solution titrée du vanadate, des quantités déterminées de solutions normales d'acide acétique ou de soude. La solution du vanadate ainsi modifiée est portée à l'ébullition, puis on réalise la précipitation en maintenant l'ébullition pendant 10 minutes environ. Le pH à 20° est déterminé sur la solution séparée par filtration du précipité avant tout lavage.

En réalisant la précipitation par du chlorure de baryum, on obtient le métavanadate de baryum $(VO^3)^2Ba$, pour un pH compris entre 3,5 et 4,5. La solubilité non négligeable de ce précipité, même par addition d'alcool éthylique, empêche de préconiser la formation du métavanadate de baryum comme procédé de dosage.

Pour un pH compris entre 4,5 et 10,8, il se précipite un produit de composition O^5V^2, $x\,OBa$ ou x varie régulièrement de 1 à 3. On n'observe pas en fonction du pH, un palier correspondant à la précipitation du pyrovanadate de baryum et la méthode de dosage de Carnot (1), basée sur l'obtention du pyrovanadate de baryum, ne nous semble pas susceptible d'une grande précision.

Pour une valeur du pH comprise entre 10,8 et 11,4, il se précipite

(1) *Comptes rendus*, 104, 1887, p. 1803.

quantitativement de l'orthovanadate de baryum. Il convient toutefois de corriger la masse du précipité obtenu de la petite quantité de carbonate de baryum due à la faible teneur en carbonate de sodium de la soude ajoutée pour réaliser le pH désiré. Cette méthode de dosage qui peut être utilisée, offre pourtant l'inconvénient de présenter cette correction.

La précipitation des vanadates par le nitrate d'argent en liqueur acétique donne sensiblement du métavanadate d'argent VO^3Ag, le pH étant compris entre 4 et 4,6. Un pareil pH est obtenu en ajoutant 8 à 4$^{cm^3}$ d'acide acétique normal à 50$^{cm^3}$ de la solution de vanadate préalablement neutralisée par l'acide acétique en présence de phénolphtaléine. Le dosage des vanadates sous forme de métavanadate d'argent, suivant une méthode un peu différente, a été indiqué par Browning et Palmer (2).

La précipitation des vanadates alcalins, ou d'ammonium, en liqueur acétique par l'acétate de plomb donne quantitativement de l'orthovanadate de plomb $(VO^4)^2Pb^3$, pour un pH compris entre 4,3 et 5. Il faut, préalablement à la précipitation, neutraliser au moyen de l'acide acétique normal la solution de vanadate, en se basant sur la décoloration de la phonolphtaléine et en chauffant. Il y a libération d'acide acétique au cours de la précipitation de l'orthovanadate de plomb. Le dosage pondéral des vanadates sous forme d'orthovanadate de plomb est plus précis que le dosage sous forme de métavanadate d'argent.

CHIMIE INDUSTRIELLE. — *De l'influence de la magnésie sur la marche d'un four à carbure*. Note de M. **Christian Aall**, présentée par M. Georges Urbain.

Nous avons déjà étudié (1) la marche d'un four à carbure soumis à une introduction anormale de magnésie. Pour dégager certains points importants de cette étude, nous avons fait de nouveaux essais en introduisant dans un four monophasé à sole conductrice, de 3000 kilowatts, la magnésie, sous forme de dolomie intimement mélangée aux matières premières, en teneurs régulièrement croissantes d'une coulée à l'autre, de façon que la quantité de magnésie chargée croisse, pour une durée d'essai de 48 heures, de 0 à 10 pour 100 du poids d'une coulée normale horaire

(2) *Z. anorg. Chem.*, 68, 1910, p. 263.

(1) *Comptes rendus*, 203, 1936, p. 1259.

de 840^{kg}. Nous avons ainsi suivi son influence sur la marche du four, sur le carbure, sur les fumées et sur les consommations en énergie et matières premières.

Nous avons constaté tout d'abord que, plus on charge en magnésie, plus l'allure du four devient chaude. Des vapeurs, provenant du sein du bain, viennent brûler à la surface de la charge, en dégageant de fortes quantités de chaleur et de lumière. La température des coulées s'est accrue de 100° pour les 48 heures de marche, et le cuvelage, dont la température normale est de 150°, a été porté au rouge à la fin des essais.

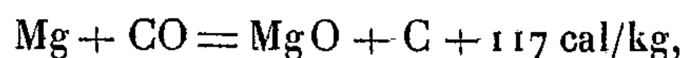
Le carbure fabriqué est plus fragile et plus poreux que du carbure ordinaire. Il ne contient qu'une faible quantité de magnésie, ne dépassant jamais 1,2 pour 100, ce qui confirme nos résultats antérieurs. Il renferme aussi un peu de magnésium métallique (0,5 à 0,6 pour 100).

Le débit des fumées, le poids des poussières, ainsi que leur teneur en magnésie augmentent avec la proportion de dolomie chargée. D'ordinaire, les fumées évacuent 85 pour 100 de la magnésie contenue normalement dans les matières premières, le carbure n'en retenant que 15 pour 100. Dans nos essais, la proportion de magnésie volatilisée a augmenté progressivement et, pour la valeur maxima de magnésie chargée, elle a atteint 96,3 pour 100,

Le rendement en énergie s'est abaissé en raison inverse de la quantité de dolomie introduite; la consommation par tonne de carbure est passée de 3500 à 5400 kilowatts au bout de 48 heures. La consommation de coke a également augmenté, tandis que celle de chaux diminuait pendant la première moitié des essais, pour augmenter ensuite.

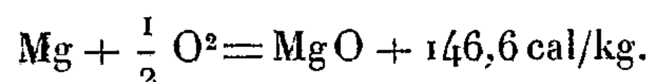
La cuve du four a été profondément modifiée par la présence de magnésie dans la charge. Le mur circulaire, qui, en marche normale, limite la zone de fusion, et qui provient des dépôts de produits de dissociation du carbure, a disparu et a été remplacé par du carbure liquide. Celui-ci, venu au contact des parois en briques réfractaires, les a partiellement attaquées.

Ces anomalies nous paraissent avoir pour cause première la réduction rapide de la magnésie dans la zone de fusion, qui constitue un milieu fortement réducteur porté à température très élevée. Les vapeurs de magnésium se dégagent en abondance de cette zone très chaude. Une partie réagit immédiatement sur l'oxyde de carbone pour reformer la magnésie par réaction inverse



$$Mg + CO = MgO + C + 117\ \text{cal/kg},$$

tandis qu'une autre partie atteint la surface du four pour réagir soit sur l'oxyde de carbone, soit sur l'oxygène de l'air



$$Mg + \frac{1}{2} O^2 = MgO + 146,6 \text{ cal/kg}.$$

Les deux réactions d'oxydation dégagent beaucoup de chaleur. La dernière, ayant lieu au-dessus de la charge, gêne la conduite du four, mais n'influence pas la marche. La première, se passant partiellement dans la cuve même, a des conséquences fâcheuses : la chaleur de réaction désagrège, ou même détruit complètement le mur limitant normalement le bain fondu; les morceaux détachés donnent lieu à de violentes projections de carbure et même engorgent le four. Dans le cas le plus grave, le nôtre, le bain, n'ayant plus de limites latérales, peut gagner les parois réfractaires et les détruire.

En résumé, nous avons étudié et expliqué les anomalies et les inconvénients résultant de l'introduction de la magnésie dans un four à carbure. Par sa réduction, la magnésie diminue le rendement en énergie, la production de carbure, et elle augmente la consommation en coke; par la combustion des produits de réduction, elle gêne la conduite du four, et peut bloquer ou même détruire la cuve.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Contribution à l'étude des thioacides.* Note de Mlle **France Bloch**, présentée par M. Georges Urbain.

En vue de l'étude spectrographique de certains dérivés organiques sulfurés, j'ai cherché à obtenir des acides possédant la constitution RC SOH, et en particulier l'acide monothionebenzoïque C^6H^5CSSH (1). Puis cet acide a été transformé en thiochlorure, et le chlorure a été hydrolysé.

Acide thione-thiolbenzoïque. — A 6g,2 de ruban de Mg, 40g de bromobenzène, 100cm³ d'éther, quelques grains d'iode, sont ajoutés 19g,3 de sulfure de carbone. Verser goutte à goutte le sulfure de carbone, en refroidissant le mélange; il ne faut pas atteindre le point d'ébullition de l'éther, sinon il se forme des produits de polymérisation. Le complexe magnésien est abandonné une douzaine d'heures à la glacière, puis il est hydrolysé par de la glace pilée et finalement par HCl glacé. Extraction à l'éther, qui est ensuite évaporé.

(1) J. Houben et L. Kesselkaul, *Ber. d. chem. Ges.*, 35, 1902, p. 3695.

L'acide thione-thiolbenzoïque est une huile rouge brun, d'odeur particulièrement repoussante; il s'oxyde avec une grande facilité à l'air, en fournissant un disulfure jaune. Cet acide a été transformé en son chlorure par action du chlorure de thionyle, d'après la méthode décrite par Staudinger et Siegwart (²).

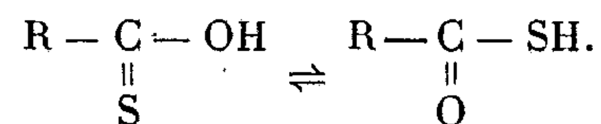
Chlorure de thiobenzoyle. — Le chlorure de thionyle est ajouté à la solution éthérée de l'acide thione-thiolbenzoïque, en présence d'un courant de CO^2. La réaction fournit de mauvais rendements, il se forme de grandes quantités de produits résineux, fortement colorés. C^6H^5CSCl est une huile sombre, malodorante. Il est séparé d'avec $SOCl^2$ et S^2Cl^2 (lequel se forme au cours de la réaction) en chauffant dans un vide de quelques millimètres. Puis il est distillé (100-110° sous 1mm).

Ce chlorure est hydrolysé afin d'obtenir l'acide C^6H^5CSOH. L'hydrolyse est longue à se faire. Le produit obtenu, produit huileux rougeâtre, indistillable, est transformé en son sel de sodium. *Or, ce thiobenzoate traité par une solution d'iode fournit le disulfure de benzoyle* C^6H^5COS-$SOCC^6H^5$. Ce disulfure est le produit normal de l'oxydation par l'iode de l'acide thiolbenzoïque C^6H^5COSH, isomère de l'acide que devait, semble-t-il, fournir l'hydrolyse du thiochlorure. Le disulfure a été obtenu par ailleurs à partir du thiolbenzoate de sodium, oxydé par l'iode.

Acide thiolbenzoïque. — Il a été préparé par l'action de l'oxysulfure de carbone sur le bromure de phénylemagnésien (³). Pour obtenir COS pur, non mélangé à d'autres gaz, on a utilisé la réaction d'un acide organique sur l'isosulfocyanate d'allyle, qui fournit une amide substituée et COS. Ce gaz est recueilli dans du toluène refroidi.

C^6H^5COSH est un corps huileux. Son sel de sodium oxydé par l'iode, donne le disulfure de benzoyle, qui, après cristallisations successives dans l'alcool, fond à 130°.

Par conséquent, s'il existe deux formes isomères des monothioacides, l'un possédant la liaison C = S, l'autre possédant la liaison C = O, *tous deux, dans ce cas, ont agi sous la forme à liaison* C = O, comme s'il y avait tautomérie, et que le passage d'une forme à l'autre puisse avoir lieu sous l'influence de certains réactifs



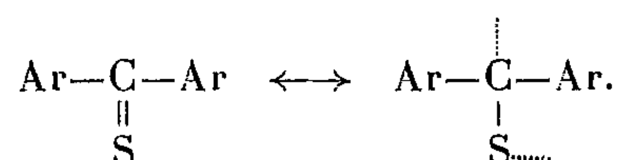
$$\underset{\displaystyle S}{\mathrm{R}-\overset{}{\underset{\|}{\mathrm{C}}}-\mathrm{OH}} \rightleftharpoons \underset{\displaystyle O}{\mathrm{R}-\underset{\|}{\mathrm{C}}-\mathrm{SH}.}$$

D'ailleurs, en chimie organique, les composés contenant une liaison

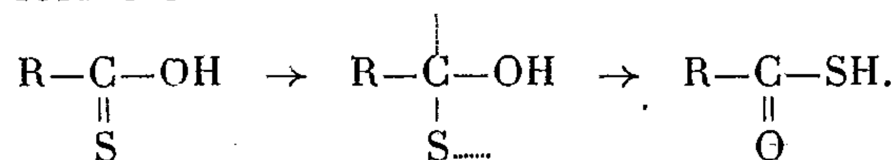
(²) *Helvetica Chimica Acta*, 3, 1920, p. 824.

(³) F. WEIGERT, *Ber. d. chem. Ges.*, 36, 1903, p. 1007.

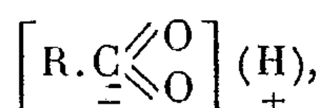
C = S se différencient complètement par leur comportement chimique des corps à liaison C = O. Les produits contenant C = S agissent souvent comme des *radicaux libres*, donnant avec une grande facilité des produits d'addition, de polymérisation, d'oxydation. Ainsi, par exemple, les thioaldéhydes et les thiocétones sont inconnus à l'état monomère (au moins en série grasse). Dans la série aromatique, on connaît des cétones monomères. Mais la grande valeur des moments dipolaires de certaines de ces cétones ([4]), l'étude de l'absorption de la lumière par la thiobenzophénone et la thiocétone de Michler ([5]), la coloration extraordinairement intense de ces corps, aussi bien à l'état solide qu'en solution, ont fait supposer qu'il existait un équilibre de deux formes, avec tautomérie de valence



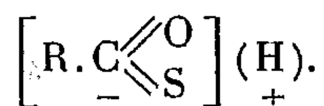
Si l'on adopte cette façon de voir dans le cas des thioacides, la forme à liaison C=S donnerait avec facilité la forme à liaison ouverte, laquelle réagirait sous la forme SH



D'autre part, d'après la conception de M. G. Urbain ([6]), un acide organique ionisé doit admettre la représentation coordinative



le carbone étant pentacoordonné et tétravalent; un thioacide pourrait aussi se représenter



Il n'y aurait alors qu'une seule forme d'existence possible pour les thioacides.

([4]) H. L. DONLE et G. VOLKERT, *Z. ph. Ch.*, Abt. B. 8, 1930, p. 60.
([5]) A. BURAWOY, *Ber. d. chem. Ges.*, 63, 1930, p. 3155; 64, 1931, p. 462 et 476.
([6]) *Bull. Soc. Chim.*, 5e série, 2, 1935, p. 555.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur l'isoamylidène-acétone.* Note de M. **René Heilmann**, présentée par M. Georges Urbain.

L'isoamylidène-acétone $(CH^3)^2CH-CH^2-CH=CH-CO-CH^3$, préparée par condensation de l'isovaléral avec l'acétone, fournit, sous l'action de la semicarbazide :

1° Une semicarbazido-semicarbazone $C^{10}H^{22}O^2N^6$ (F. = 205°); 2° une *seule monosemicarbazone* $C^9H^{17}ON^3$ (F. = 113-114°); 3° des produits gommeux, de même composition centésimale que la semicarbazone proprement dite dont ils constituent un résidu des cristallisations effectuées dans le mélange pétrole-alcool.

Ces substances incristallisables ne peuvent être attribuées à une impureté *active* que renfermerait éventuellement la cétone initiale, car elles se forment également quand l'isoamylidène-acétone est préparée à partir d'isovaléral optiquement inactif, obtenu lui-même par l'hydrolyse de l'acétal formé dans la réaction du bromure d'isobutyl-magnésium sur l'ortho-formiate d'éthyle.

L'isoamylidène-acétone régénérée de sa propre semicarbazone se comporte, vis-à-vis de la semicarbazide, exactement comme la cétone brute. La condensation de l'isovaléral avec l'acétone semble donc ne fournir l'isoamylidène-acétone que sous une *seule forme stéréo-chimique*. Quant aux résidus de cristallisation de la semicarbazone, ils renferment vraisemblablement d'autres formes hydrolysables de cette semicarbazone et dues soit à une isomérie éthylénique, soit à des groupements fonctionnels différents [1].

Par de nouvelles cristallisations, la semicarbazone préalablement *isolée à l'état pur* se retrouve bien en majeure partie inaltérée mais, presque toujours, abandonne encore une certaine quantité de gommes formées à ses dépens.

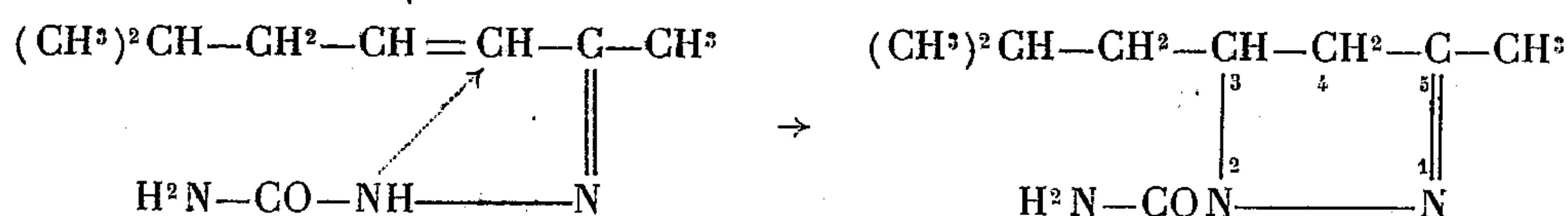
Bien qu'un séjour prolongé à l'étuve tende à élever progressivement jusqu'à 118° le point de fusion de la semicarbazone, celle-ci est cependant très sensible à l'action de la chaleur et, soumise à un étuvage trop accentué ou, *a fortiori*, à la fusion, subit une altération plus ou moins profonde.

La semicarbazone est, en effet, susceptible de se cycliser partiellement, soit lors même de sa formation, soit sous l'influence de la chaleur ou de tout

---

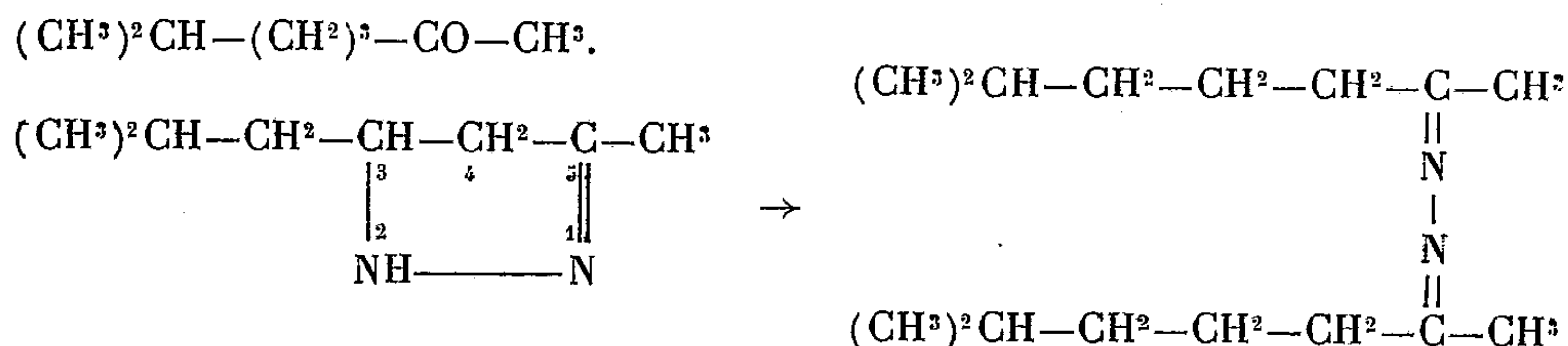
[1] Cf. Mme Ramart-Lucas et Mme Grumez, *Bull. Soc. Chim. France*, 53, 1933, p. 753.

autre traitement ultérieur, en carbamyl-2 méthyl-5 isobutyl-3 pyrazoline



Cette urée de pyrazoline qui fond à 110°-111° ([2]) peut être préparée spécialement par action du cyanate de potassium, en milieu acétique, sur la méthyl-5 isobutyl-3 pyrazoline dérivée elle-même de l'isoamylidène-acétone ([3]). Mais elle se retrouve également dans les résidus de cristallisation ou de fusion de la semi-carbazone de cette cétone.

Si donc l'on traite ces résidus par un acide étendu et à l'ébullition, de l'isoamylidène-acétone est normalement régénérée d'une part, mais, d'autre part, la carbamyl-2 méthyl-5 isobutyl-3 pyrazoline $C^9H^{17}ON^3$ est transformée en méthyl-5 isobutyl-3 pyrazoline $C^8H^{16}N^2$. Celle-ci reste, sous forme de sel, en solution dans la liqueur acide dont, par neutralisation, elle peut être régénérée. J'ai identifié cette pyrazoline ($Eb_{10^{mm}} = 91°-92°$) en hydrolysant les substances aziniques qu'elle fournit par oxydation et qui renferment principalement la cétazine de la méthyl-isohexyl-cétone $(CH^3)^2CH-(CH^2)^3-CO-CH^3$.



Cette hydrolyse libéra, en effet, une huile cétonique dont j'ai caractérisé la semi-carbazone $C^9H^{19}ON^3$ (F. = 154°) comme étant bien celle de la méthyl-isohexyl-cétone. L'apparition de cette cétone dans un semblable processus opératoire permet effectivement d'attribuer au produit soumis à l'oxydation la constitution de la méthyl-5 isobutyl-3 pyrazoline ([4]).

Cette base n'a pu prendre naissance qu'aux dépens de la carbamyl-2 méthyl-5 isobutyl-3 pyrazoline, dont la présence dans les résidus de cristallisation ou de fusion de la semicarbone de l'isoamylidène-acétone est ainsi démontrée.

([2]) R. Locquin et R. Heilmann, *Comptes rendus*, 180, 1925, p. 1757.

([3]) R. Heilmann, *Bull. Soc. Chim. France*, 45, 1929, p. 545.

([4]) R. Locquin et R. Heilmann, *Bull. Soc. Chim. France*, 45, 1929, p. 877.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Le bromure de glucinium dans quelques réactions de synthèses.* Note de M. **Roger Pajeau**, présentée par M. Marcel Delépine.

Le bromure de glucinium ne provoque pas *en général* la réaction de Friedel et Crafts.

Les résultats sont négatifs quand on essaie de faire agir pendant 3 heures, en présence de 15 à 20 pour 100 de bromure de glucinium, soit sur le benzène, le chlorure de méthyle, même sous 90^{cm} de mercure, le bromure de méthyle, l'iodure d'éthyle, le bromure d'éthylène, soit sur le toluène, le chlorure de méthyle. Toutefois, en maintenant 6 heures à l'ébullition du toluène (20^g), du bromure de butyle normal (28^g) additionnés de bromure de glucinium (12^g) et en abandonnant le tout à la température du laboratoire pendant trois jours, on a pu recueillir une petite quantité de butyltoluène.

Par contre, le chlorure de benzyle que le bromure de glucinium ou le glucinium transforment rapidement en un carbure résineux, se prête aisément à diverses synthèses. C'est ainsi qu'en mettant en contact pendant 2 heures environ 30^g de chlorure de benzyle, 10^g de bromure de glucinium pulvérisé et un excès d'hydrocarbure, et en chauffant vers la fin de la réaction, on a obtenu les hydrocarbures correspondants (16^g au maximum) : le benzène a fourni du diphénylméthane; le toluène, du parabenzyltoluène; l'éthylbenzène, du parabenzyléthylbenzène; le métaxylène, du diméthyl-1.5-benzyl-2-benzène. Avec le phénol, il se forme quelques grammes d'un benzylphénol $E = 320\text{-}325°$ et, avec le métacrésol, un benzylmétacrésol $E_{30} = 233\text{-}235°$, $F = 93°$.

Les chlorures d'acides ne semblent pas réagir en présence de bromure de glucinium sur les carbures aromatiques. C'est ainsi que nous n'avons pu réaliser la condensation du benzène avec les chlorures d'acétyle, de benzoyle, d'orthophtalyle, ni celle du toluène avec l'oxyde de carbone et l'acide chlorhydrique.

Si l'on chauffe du bromure de glucinium et du chlorure d'acétyle, on n'observe pas, après traitement par l'eau, la formation d'acétylacétone.

En présence de bromure de glucinium, le chlorure d'acétyle et le phénol donnent de l'acétate de phényle; l'acide acétique et la résorcine fournissent une petite quantité de résacétophénone.

L'oxygène ne transforme pas en phénol le benzène additionné de bromure de glucinium.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Action de l'oxyde mercurique en milieu alcalin sur le glycocolle.* Note de M. **R. Truhaut**, transmise par M. Alexandre Desgrez.

Nous avons montré, avec C. Sannié (¹), que certains acides aminés réduisent, en milieu alcalin, les réactifs mercuriels et, en particulier, le nitrate mercurique et le réactif de Nessler. Parmi ces acides aminés mercuroréducteurs, l'un des plus actifs est le glycocolle, qui se différencie nettement à ce point de vue d'un acide aminé pourtant très proche, l'alanine, non mercuroréductrice. Pour préciser le mécanisme de cette mercuroréduction nous avons étudié l'action sur le glycocolle d'un réactif mercuriel simple, l'oxyde mercurique.

On oxyde $0^g,25$ de glycocolle par 8 fois son poids d'oxyde jaune de mercure en opérant à l'ébullition dans un milieu d'alcalinité sensiblement normale en soude et avec une concentration en glycocolle de 5 pour 100. Il se produit un précipité d'abord brun, puis gris, constitué par un mélange de mercure métallique et d'oxyde mercureux. En même temps, il se dégage de l'ammoniac que l'on entraîne par la vapeur d'eau et recueille dans un acide titré. Le chiffre d'ammoniac obtenu est de $0^g,039$ au lieu de $0^g,0566$ que devrait fournir la désamination totale; 69 pour 100 seulement de l'azote du glycocolle se dégagent donc à l'état d'ammoniac. Cette proportion varie avec les doses de glycocolle soumises à l'oxydation et d'autres conditions d'expérience : vitesse de chauffe, rapport entre les quantités d'oxyde de mercure et de glycocolle, ordre d'addition des réactifs.

Dans la liqueur privée d'ammoniac, la recherche des acides volatils a permis de déceler la présence d'acide carbonique, de nitrile formique et d'acide formique, ce dernier en très petite quantité. Le gaz carbonique a été dosé sous forme de carbonate de baryum. Pour 1^g de glycocolle, on trouve $0^g,034$ de gaz carbonique. Avec la même dose de glycocolle, on trouve, par la technique cyanoargentimétrique, $0^g,0248$ de nitrile formique. Il n'a pu être décelé d'acide acétique. La recherche de l'aldéhyde formique, si souvent signalée dans les produits d'oxydation du glycocolle par divers réactifs, a également été négative ainsi que celle des aldéhydes en général.

(¹) *Comptes rendus*, 196, 1933, p. 65.

Après séparation des acides volatils, l'acide glycolique a été recherché sur la liqueur résiduelle par la réaction de Eegriwe au dioxy-2.7-naphtalène, en milieu sulfurique. Cette recherche a été positive. Il semble donc que la première phase de la destruction du glycocolle sous l'action de l'oxyde de mercure en milieu alcalin consiste surtout en une hydrolyse avec production d'ammoniac et d'acide glycolique. La deuxième phase doit vraisemblablement consister en l'oxydation de cet acide. Les produits possibles de cette oxydation : acides glyoxylique et oxalique, ont été recherchés.

Pour l'acide glyoxylique, seule la réaction de Hopkins avec le tryptophane en milieu sulfurique a été faiblement positive. Il n'a pu être obtenu ni phénylhydrazone, ni dérivé de condensation avec l'acétophénone. L'acide glyoxylique, s'il se forme, est donc oxydé sitôt sa formation.

L'acide oxalique a pu être caractérisé; il est pour la plus grande part fixé sur le précipité mercuriel dont on peut le libérer par action de l'hydrogène sulfuré.

Les acides aminodiglycolique et aminotriglycolique qui se forment, comme l'a montré Siegfried ([2]) dans l'action du chlorure mercurique sur le glycocolle en milieu neutre, n'ont pu être décelés.

Les travaux de Fosse sur la production de l'urée dans l'oxydation des protides nous ont conduit à rechercher en outre l'urée et son précurseur probable, l'acide cyanique : les résultats ont été négatifs.

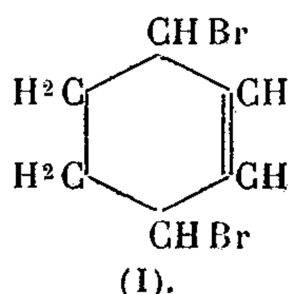
Étant donné l'abondance relative des produits formés dans l'oxydation du glycocolle, nous avons cherché s'il n'existait pas une donnée plus simple dans la quantité d'oxygène consommé. Le dosage iodométrique du mercure réduit montre que cette quantité varie avec les conditions d'expérience et en particulier avec la concentration en glycocolle, sans qu'il soit jamais possible d'aboutir à une équation simple.

Conclusions. — La réduction de l'oxyde jaune de mercure en milieu alcalin par le glycocolle est une réaction complexe variant avec les conditions expérimentales. Elle s'accompagne de la production d'ammoniac et d'acides glycolique et oxalique comme produits principaux, de nitrile formique, d'acide formique et de gaz carbonique comme produits accessoires.

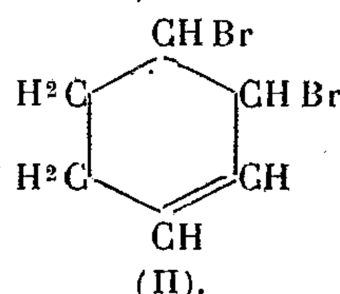
([2]) *Z. physiol. Chem.*, **73**, 1911, p. 194-203.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur le bibromure stable du cyclohexadiène-1.3.* Note [1] de MM. **Pierre Bedos** et **Adrien Ruyer**, présentée par M. Paul Sabatier.

Farmer et Scott [2] ont établi que l'action du brome sur le cyclohexadiène-1.3, à —15°, dans le chloroforme ou dans l'hexane, engendre initialement un mélange de deux bibromures, l'un liquide et l'autre solide F. = 68°, qui s'isomérisent ensuite en un troisième bibromure fusible à 108°. Celui-ci, décrit antérieurement par divers auteurs, représente donc le terme stable de la bromuration de ce carbure, et, à ce titre, il serait intéressant de connaître exactement sa structure (I ou II) :



(I).



(II).

On lui attribue généralement la constitution d'un dibromo-1.4-cyclohexène-Δ_2(I), mais l'argument classique tiré de la non fixation du brome perd beaucoup de sa valeur du fait que les trois bibromures issus du cyclohexadiène-1.3 présentent la même anomalie ; d'ailleurs la bromuration du bromo-1-cyclohexène-Δ_2 lui-même est déjà une réaction anormale.

Nous avons préparé le bromo-1-cyclohexène Δ_2 par action de HBr gazeux sec, à —10°, sur le cyclohexadiène 1-3, sans solvant [3]; sa constitution a été fixée par hydrolyse en cyclohexénol Δ_2. Ses constantes sont : $E_{26} = 71°,5$, $D_4^{28} = 1,3954$, $n_D^{28} = 1,52734$, RM = 35,40 (théorie pour $C^6H^9Br|^{=}$: 35,00); son spectre Raman (déterminé par M. Canals) renferme une raie éthylénique de fréquence normale : 103 (f), 233 (f), 335 (f), 396 (F), 452 (f), 523 (m), 578 (F), 643 (f), 722 (f et floue), 821 (f), 869 (f), 879 (f), 995 (f), 1134 (f), 1182 (m), 1229 (m), 1430 (m), 1632 (TF), 2895 (milieu d'une large bande), 3026 (m).

Sa solution dans CCl^4 anhydre, additionnée de quelques gouttes de brome, vers + 15°, reste colorée durant 15 à 20 minutes, puis la réaction se déclenche et devient alors instantanée, mais avec libération abondante d'acide bromhydrique : la quantité de brome absorbé est sensiblement une fois et demie la quantité théorique, dont un tiers environ utilisé en réaction de substitution. Le produit de la réaction est constitué par un mélange de dérivés polybromés difficiles à séparer [4].

---

(1) Séance du 26 avril 1937.

(2) *J. Chem. Soc.*, 1929, Part I, p. 172.

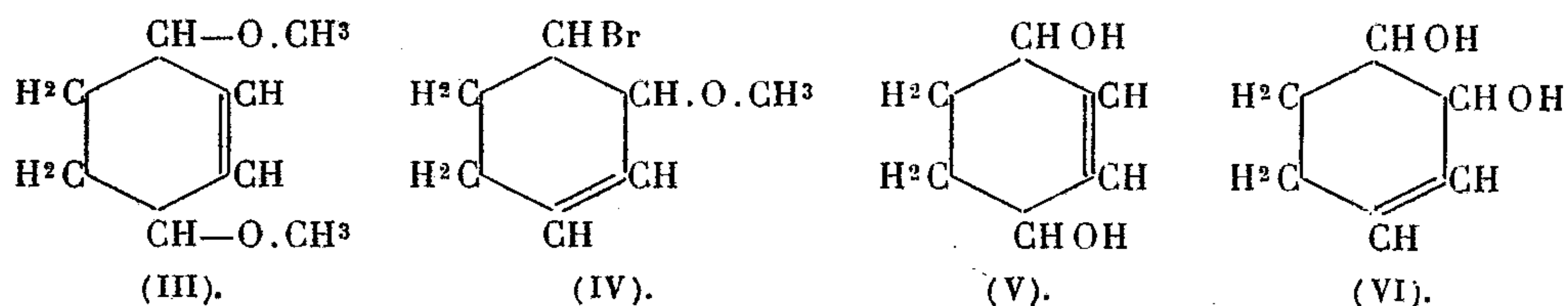
(3) Courtot et Pierron, *Bull. Soc. Chim.*, 45, 1929, p. 288 : chloro-cyclohexène.

(4) Voir Crossley, *J. Chem. Soc.*, 85, Part II, 1904, p. 1422; et Zelinsky, et Gorsky, *D. ch. Ges.*, 44, 1911, p. 2312.

Le spectre Raman du bibromure $F = 108°$ dans CS^2, quoique peu intense, confirme l'existence de la double liaison : 345 (f), 401 (f), 608 (f), 995 (f), 1176 (f), 1489 (f), 1538 (F), 1636 (f). Mais celle-ci présente une grande inertie chimique : elle ne fixe pas le brome et, d'après les essais de Farmer et Scott (*loc. cit.*), elle résiste à l'oxydation (permanganate, acide chromique, ozone). En outre elle ne fixe ni l'oxygène de l'acide perbenzoïque en solution éthérée, ni l'hydrogène en présence de platine : on constate simplement dans ce dernier cas une éliminination lente de HBr.

Par contre, ses atomes de brome jouissent d'une aptitude exceptionnelle à la substitution par alcoolyse ou par hydrolyse. Avec l'alcool méthylique absolu, en présence de bicarbonate de soude, la réaction, très rapide au début, vers 65°, s'arrête lorsque les deux tiers environ du brome sont déplacés. On isole un liquide $E_{12} = 78°\text{-}83°$ (Br % = 18 ; — OCH^3 % = 29 environ) constitué vraisemblablement par un mélange de diméthoxy-1.4-cycloxhexène Δ_2 (III) et de bromo-1-méthoxy-2-cyclohexène Δ_3 (IV), dont le brome, en β de la double liaison, ne jouit plus de la même mobilité.

L'hydrolyse du bibromure (F. = 108°) peut être réalisée à froid, lentement, par la soude à 10 pour 100, et le glycol engendré dans ces conditions est constitué presque uniquement par du cyclohexène-Δ_3-diol-1.2 trans, F. = 77° (VI). L'eau seule, devenant acide progressivement, provoque rapidement l'hydrolyse vers 90-95° en donnant le même cyclohexène-Δ_3-diol-1.2 trans, accompagné d'un nouveau glycol, le cyclohexène-Δ_3-diol-1.2 cis (VI), liquide (bis paranitrobenzoate se présentant sous deux formes : longs filaments soyeux F. = 117° labile et petits prismes, F. = 137°, stable); celui-ci, par hydrogénation (H^2, Pt), donne le cyclohexane-diol-1.2 cis (F. = 99°). Enfin, l'eau en présence d'un excès de bicarbonate de soude fournit, en plus des glycols obtenus précédemment, un troisième et nouveau glycol, le cyclohexène-Δ_2-diol-1.4 cis (V), liquide, dont la constitution a été établie avec certitude par hydrogénation (H^2, Pt) en cyclohexane-diol-1.4 cis (F. = 102°) :



L'obtention de ces trois glycols éthyléniques, par hydrolyse du même bibromure (F. = 108°), met en évidence une isomérisation partielle pendant

la substitution des atomes de brome, qui, jointe à l'inaptitude réactionnelle de la double liaison, rend assez délicate la fixation définitive de la structure de ce bibromure stable du cyclohexadiène-1.3.

CRISTALLOGRAPHIE. — *La biréfringence des cristaux liquides est-elle indépendante de l'action des parois ou de l'action du champ magnétique ?* Note de M. **Pierre Chatelain**, présentée par M. Charles Mauguin.

On peut obtenir des préparations de liquides nématiques d'orientation uniforme dans toute leur étendue, en fondant ces corps entre deux lames de verre dont les faces en regard ont été frottées parallèlement sur du papier. La lame biréfringente ainsi obtenue est équivalente à une lame taillée dans un cristal uniaxe parallèlement à l'axe optique, celui-ci étant dirigé suivant la direction de frottement.

J'ai montré que les indices d'une telle lame varient beaucoup avec la température; cela est dû à l'agitation thermique des molécules qui oscillent de plus en plus autour d'une position moyenne quand la température croît. Cette position moyenne est imposée par les parois des lames de verre qui limitent la préparation et par le champ moléculaire.

Il est intéressant de rechercher si cette action des lames est superficielle ou si elle se fait sentir jusqu'à une distance assez grande en modifiant l'amplitude des oscillations des molécules. Dans cette dernière hypothèse on devrait constater que le retard optique introduit par une lame de cristal liquide entre le rayon ordinaire et le rayon extraordinaire n'est pas proportionnel à l'épaisseur traversée.

C'est ce que j'ai cherché à vérifier en étudiant les franges de biréfringence d'un biseau obtenu en fondant du para-azoxyphénétol entre deux lames de verre formant entre elles un petit angle. La direction de frottement étant parallèle à l'arête du prisme, les franges de biréfringence sont rectilignes et parallèles à cette direction. J'ai pu les observer, dans les cas les plus favorables, jusqu'à une épaisseur de 7/10e de millimètre; c'est sans doute la couche la plus épaisse de liquide nématique orientée par la seule action des parois observée jusqu'ici. Les franges ont été photographiées et leur distance mesurée avec une machine à diviser; cette distance est constante depuis la première jusqu'à la dernière, qui correspondait à un retard de 435 fois la longueur d'onde de la raie verte du mercure.

Cette expérience, répétée pour diverses valeurs de la température et

aussi en remplaçant le para-azoxyphénétol par le para-azoxyanisol, conduit toujours à la même conclusion : *le retard est proportionnel à l'épaisseur, l'amplitude des oscillations thermiques des molécules reste la même, qu'elles soient près ou loin de la paroi.*

Le biseau précédent a été placé entre les pôles d'un électroaimant de telle sorte que les lignes de forces soient parallèles à l'arête du prisme; les actions des parois et du champ sont alors concordantes. Les franges de biréfringence sont observées en lumière monochromatique avec un microscope polarisant, la 400e frange est amenée au point de croisée des fils du réticule. Un régime très stable de température étant établi, on ferme puis ouvre le circuit de l'électroaimant. Aucun déplacement des franges n'est observé, même lorsque le champ atteint 20000 gauss. Comme un déplacement de 1/10e de l'interfrange est visible, il faut en conclure que, dans ces conditions, le champ magnétique ne fait pas varier la biréfringence de plus de 1/4000e de sa valeur.

Il serait important de préciser encore cette action; un analyseur à pénombre permettant d'apprécier des variations du retard beaucoup plus faibles a été essayé sans succès pour deux raisons :

1° avec des corps aussi biréfringents et aussi sensibles à l'action de la température il est difficile d'avoir une lame produisant le même retard dans toute son étendue.

2° les cristaux liquides diffusent beaucoup de lumière totalement dépolarisée, ce qui diminue la sensibilité de l'analyseur.

On peut donc conclure que, dans tout le domaine d'existence à l'état de liquide anisotrope du para-azoxyphénétol et du para-azoxyanisol, le champ magnétique ne diminue pas de façon appréciable l'amplitude des oscillations thermiques des molécules. Le couple qu'il exerce est très petit vis-à-vis du couple dû au champ moléculaire.

Cette expérience n'est pas contradictoire avec les recherches des auteurs [1] qui ont montré la possibilité d'orienter les liquides nématiques dans le champ magnétique; elle prouve seulement que, si le champ magnétique permet de régulariser l'orientation d'éléments biréfringents, il n'en modifie pas la biréfringence.

---

(1) C. Mauguin, *Comptes rendus*, **152**, 1911, p. 1680; V. Fréedericksz et V. Zolina, *Zeits. Krist.*, **79**, 1931, p. 255.

GÉOLOGIE. — *Sur la liaison du granite, de microgranite et de rhyolite dinantiens dans la partie Est du Massif de Guéret.* Note de M. **André Demay**, présentée par M. Louis de Launay.

J'ai signalé [1] des observations qui prouvent l'âge carbonifère du granite de Gannat, du granite de Gelles et du granite de Guéret. J'indiquais en particulier la présence presque constante de microgranite en bordure des lambeaux dinantiens et notais aussi en certains points la continuité du granite, de microgranite et de rhyolite. De nouvelles recherches dans la région de Châteauneuf-les-Bains me permettent de confirmer et de préciser ces conclusions.

Le passage progressif du granite à grain moyen, riche en biotite, du Massif de Guéret, à un granite plus clair, sans muscovite, et à un granite aplitique, plus ou moins riche en muscovite, peut être observé près du pont de Chambon, au nord de la Chaux et au sud de Vignolles.

Le passage de ce granite à muscovite au microgranite et à la rhyolite apparaît clairement sur le terrain au premier coude du chemin de Montmartin, à partir du bac de Châteauneuf et sur la route d'Ayat (à 1^{km} sud-est du village). Le microscope révèle, dans le détail des formes minéralogiques et des structures, des transitions qui ne laissent aucun doute quant à la réalité du passage lithologique. Sur la route d'Ayat, on observe : *a.* une aplite à structure en partie granulitique, mais présentant encore beaucoup de quartz granitique et de la muscovite. La biotite, souvent verdie ou chloritisée, possède la forme habituelle des biotites de granite, mais il existe quelques biotites hexagonales analogues à celles des microgranites (H 74) [2]; *b.* une aplite proche d'un microgranite avec des parties microgranulitiques et micropegmatiques, encore un peu de muscovite et des plages de quartz où se laisse deviner la forme d'anciens cristaux de quartz bipyramidé accrus aux dépens des cristaux voisins (H67); *c.* un microgranite riche en phénocristaux, avec une pâte microgranulitique ou pétrosiliceuse et des couronnes de fibres pétrosiliceuses rayonnantes qui ressemblent parfois à des sphérolites irréguliers et incomplets. Les grands quartz corrodés ont leur forme cristalline normale en dehors des golfes de corrosion. Mais on voit quelques nids de quartz et de biotite, des éponges granulitiques, un peu de micro-

---

(1) *Comptes rendus*, 201, 1935, p. 784; *C. R. Soc. Géol.*, 5e série, 5, 1935, p. 215.

(2) Numéros des plaques minces conservées à l'École des Mines.

pegmatite imparfaite qui rapprochent ce type du précédent (H72); *d.* un microgranite comportant une pâte surtout pétrosiliceuse, riche en couronnes de fibres rayonnantes, et seulement de petites parties microgranulitiques (H73); *e.* une rhyolite grise presque aphanitique, analogue à celle décrite ci-dessous.

De même, sur le chemin de Montmartin, au-dessus du bac, on observe : *a.* le granite à muscovite à structure microscopique nettement granitique dans l'ensemble, avec du quartz en plages de forme anguleuse, mais présentant cependant quelques quartz bipyramidés et quelques parties microgranulitiques (H.62); *b.* un microgranite riche en phénocristaux d'orthose, plagioclases, quartz bipyramidé avec des biotites verdies, en partie hexagonales, une pâte surtout micropegmatique, parfois pétrosiliceuse, parfois même presque entièrement éteinte entre nicols (H.33); *c.* une rhyolite avec des phénocristaux dans une pâte surtout pétrosiliceuse ou presque entièrement éteinte entre nicols, en partie microlitique, et avec développement secondaire de biotite fine orientée (H.20).

A 400^m environ de cette coupe et 200^m des rhyolites noires du lambeau de Vignolles, la roche qui affleure au collet au-dessus des Grands Bains de Châteauneuf représente d'une manière remarquable un type de transition entre granite et microgranite. L'aspect microscopique dans l'ensemble est granitique avec du quartz en plage (H. 75). Mais beaucoup de biotites montrent des sections hexagonales comme dans les microgranites et il existe autour de quelques cristaux de feldspath ou de quartz une couronne de fibres pétrosiliceuses rayonnantes, qu'il y a lieu de rapprocher de celles décrites plus haut dans les microgranites de la route d'Ayat.

En dehors des séries continues décrites ci-dessus, l'observation met en évidence des complications qui sont dues à des failles et peut-être aussi, dans certains cas, à une montée du magma dans des parties consolidées antérieurement. Il est possible qu'une partie des rhyolites noires soit postérieure au granite. Comme des filons de microgranite traversent le granite, il est bien probable qu'il y a eu encore des coulées et des projections d'éléments volcaniques après sa consolidation ([3]).

([3]) Une partie du Viséen supérieur détritique peut également être postérieure au granite si l'on en juge d'après quelques faits signalés par M. de Launay et d'après une observation de MM. J. Jung et G. Garde, près de Vignolles, que j'ai citée dans ma première Note, en prenant parti, non sur le fait lui-même, mais sur les conséquences générales qui en avaient été tirées quant à l'âge des granites du nord-ouest du Massif Central.

De toute façon, le métamorphisme de tufs ou rhyolites viséens, que j'ai signalé dans ma première Note et, mieux encore, le passage du granite à des microgranites et rhyolites dinantiens, identiques aux roches qui ont été décrites avec beaucoup de détail dans la belle étude de M. de Launay, sur les roches éruptives carbonifères de la Creuse (4) prouvent, d'une part, l'âge dinantien et même sans doute viséen du granite de Guéret et, d'autre part, la montée du magma granitique jusqu'à la surface du sol et l'existence de dômes, coulées ou tufs volcaniques liés à cette montée dans la partie nord-ouest du Massif central, c'est-à-dire d'éruptions aréales (au sens de R. Daly). Un phénomène de cette nature n'a pu être démontré que sur très peu de points. M. P. Billings a décrit dans le Wisconsin le passage d'un granite précambrien à un « porphyre rhyolitique » massif et à une rhyolite (5). Un phénomène analogue a été admis, mais en général sans que le passage effectif des divers types l'un à l'autre ait pu être observé, par A. G. Högbom, H. Cloos, Alb. Michel-Lévy, L. Barrabé.

Quant au granite de Guéret, les conclusions précédentes, en dehors de leur intérêt au point de vue des rapports entre les phénomènes éruptifs profonds et les phénomènes volcaniques, entraînent, comme je l'ai déjà indiqué en 1935, des conséquences importantes pour la structure du Massif Central.

PHYSIOLOGIE. — *Sur la toxicité et sur l'antagonisme de quelques anions dans des cultures de Saprolégniées.* Note (1) de M. et Mme **Fernand Moreau**.

Nous avons consacré deux Notes (2) à la toxicité de quelques cations pour les Saprolégniées et aux actions d'antagonisme qui s'exercent entre eux dans les cultures de ces Champignons. Les résultats qu'elles résument devaient nous conduire à l'étude des mêmes phénomènes offerts dans les mêmes conditions par les anions.

Les expériences rapportées ici concernent, comme les précédentes, l'*Achlya colorata* Pringsh., que nous avons soumis en culture pure à l'action

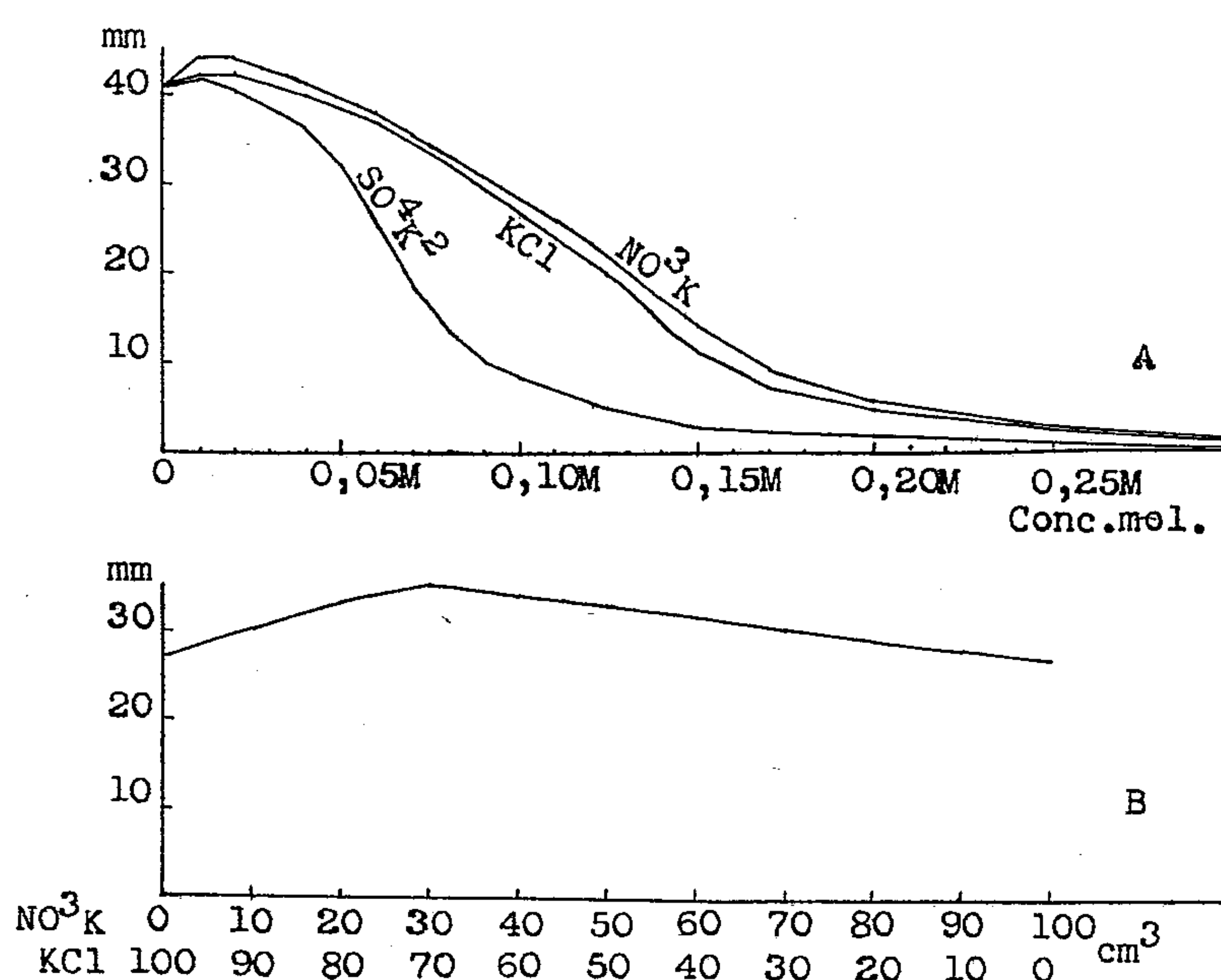
(4) *Bull. Serv. Carte géol. France*, 12, 1902, p. 185.

(5) M. P. Billings, *Proc. Amer. Arts and Sciences*, 63, 1928, p. 90.

(1) Séance du 26 avril 1937.

(2) F. Moreau (et Mme), *Comptes rendus*, 202, 1936, p. 2175; 203, 1936, p. 809.

de divers sels d'un même métal, seuls ou en mélange. Nous avons choisi les sels de potassium en raison de la faible toxicité de leur cation, qui permet d'observer, sur une plus grande étendue, l'action de concentrations variées sur les cultures. Comme précédemment, nous ajoutons des sels en diverses proportions à un milieu de base, constitué ici par le liquide de Sabouraud au maltose, appauvri au 1/40e.



A. — Croissance de l'*A. colorata* (culture de 5 jours) en fonction de la concentration moléculaire en NO^3K, KCl et SO^4K^2.

B. — Croissance de l'*A. colorata* (culture de 5 jours) en fonction de la composition saline d'un milieu constitué par un mélange de NO^3K 0,12 M et KCl 0,115 M.

D'une façon générale, de très faibles doses des sels employés activent légèrement la croissance; des doses plus élevées, environ 0,02M pour le sulfate de potassium, 0,04M pour le chlorure, 0,05M pour le nitrate, ralentissent le développement. Ces doses contrarient déjà la formation des organes reproducteurs qu'inhibent des doses élevées. Des doses plus élevées encore arrêtent totalement la croissance.

Si l'on compare l'action sur la croissance de sels halogénés de potassium, on constate que le chlore, le brome, l'iode se rangent dans l'ordre qui précède (qui est celui de leurs poids atomiques croissants) selon leurs

toxicités croissantes. Ce résultat est conforme à celui obtenu par Clark [2] et par Coupin [3] avec des matériels différents du nôtre.

L'action comparée sur la croissance du nitrate, du chlorure et du sulfate de potassium se laisse traduire par la figure A; l'ion NO^3 est le moins toxique des anions intéressés par elle, l'ion Cl l'est à peine plus, l'ion SO^4, bivalent, l'est davantage. L'ordre indiqué par Coupin, qui attribue des équivalents toxiques 3,0, 2,3 et 1,9 respectivement au nitrate, au sulfate et au chlorure de potassium est encore ici respecté.

Le mélange deux à deux des sels précédents permet de mettre en évidence des phénomènes d'antagonisme entre les anions. La courbe B, établie selon les procédés exposés par Osterhout [4], montre qu'il y a antagonisme entre les anions NO^3 et Cl. Un antagonisme semblable s'exerce entre les anions NO^3 et SO^4, ainsi qu'entre les anions SO^4 et Cl.

Ces divers phénomènes, d'une part action favorisante, retardatrice ou inhibitrice de la croissance, d'autre part, influences antagonistes des ions, ont été peu étudiés jusqu'ici avec les anions. Ils jouent sans doute, avec les phénomènes relatifs aux cations que nous avons signalés, un rôle important dans la croissance des Saprolégniées, et plus généralement des Champignons, dans les conditions culturales et dans leurs stations naturelles.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Phénomènes de croissance provoqués chez les végétaux, à la suite d'injections d'hétéro-auxine (acide indol-β-acétique).* Note de M. **Maurice-Marie Janot**, présentée par M. Auguste Béhal.

Depuis la découverte, en 1934, de l'hétéro-auxine ou acide indol-β-acétique dans l'urine [1] et son extraction laborieuse du plasmolysat de levure [2] (1^{mg},2 pour 50^{kg}), ce produit, dont la synthèse est facile, a fait l'objet de nombreuses recherches et applications chez les végétaux [3]. C'est ainsi qu'on lui reconnaîtrait, entre autres propriétés, celles de provoquer l'élon-

---

(2) *Bot. Gaz.*, 28, 1899, p. 289.
(3) *Rev. gén. de Bot.*, 12, 1900, p. 177.
(4) *Bot. Gaz.*, 58, 1914, p. 178.

(1) F. Kögl, A. J. Haagen-Smit et H. Erxleben, *Zeit. physiol. Chem.*, 228, 1934, p. 90-103.
(2) F. Kögl et D. G. Kostermans, *Zeit. physiol. Chem.*, 228, 1934, p. 113-122.
(3) Voir bibliographie M.-M. Janot, *Bull. Soc. chim. biol.*, 18, 1936, p. 1741-1768.

gation des membranes cellulaires et la formation de racines normales ou adventives et de radicelles, de produire des tumeurs à caractères néoplasiques par multiplication cellulaire ([4]) et des tubérisations par agrandissement isodiamétrique des cellules sans multiplication ([5]).

La technique la plus utilisée jusqu'ici est celle préconisée par F. Laibach lors de ses essais avec les pollinies d'orchidées ([6]), puis avec l'acide indol-β-acétique ([7]). Elle consiste en un badigeonnage d'une surface donnée de la plante au moyen d'une solution aqueuse d'hétéro-auxine adsorbée par de la lanoline ou un mélange de glucose, agar-agar et talc ([8]), ou encore à plonger dans une solution d'auxine la base du végétal expérimenté.

J'ai eu recours à l'emploi d'une technique posée par le problème suivant : quelle serait la réaction d'une tige pourvue d'une cavité médullaire après introduction, dans cet espace, d'une solution d'auxine ? L'expérience ne pouvait être réalisée évidemment que sur des tiges à cavité centrale compartimentée par des diaphragmes nodaux. Une plante se prête fort bien à cette étude, c'est *Polygonum cuspitadum* Sieb. et Zucc.

Technique. — On choisit des sujets ayant en moyenne 80^{cm} de hauteur. Au sommet de l'entre-nœud retenu pour l'injection, on introduit, jusque dans la cavité centrale, une aiguille à injection hypodermique dont le rôle est d'assurer le départ de l'air chassé par l'injection à un niveau légèrement inférieur de la solution d'hétéro-auxine. Cette injection est faite au moyen d'une deuxième aiguille montée sur une seringue graduée. J'ai utilisé de l'acide indol-β-acétique de synthèse, fusible à 164-165°, en solution aqueuse récente à $0^{g},10$ pour 1000^{cm^3}. La contre-épreuve est conduite simultanément sur une tige témoin du même individu, avec de l'eau distillée.

Résultats. — Dans ces conditions on observe, après une dizaine d'heures, une courbure de la tige atteignant son maximum après 24 heures et se maintenant pendant plusieurs semaines. Cette courbure est tout à fait comparable à celle provoquée par l'application externe de « pommades » à l'auxine. Mais, alors que par *badigeonnage* et pour le végétal étudié, c'est au lieu même du traitement que se produit la courbure, si l'âge de la

---

([4]) T. Solacolu et D. Constantinesco, *Comptes rendus*, 203, 1936, p. 437-439, et 204, 1937, p. 290-292.

([5]) P. Chouard et R. Castau, *Comptes rendus*, 204, 1937, p. 1211-1213.

([6]) F. Laibach, *Ber. d. deutsch. bot. Ges.*, 51, 1933, p. 386-392.

([7]) F. Laibach, *ibid.*, 53, 1935, p. 359-364.

([8]) F. Laibach et R. Lotz, *B. Z.*, 288, 1936, p. 250-256; *Die Gartenbauwissenschaft*, 11, 1937, p. 65-79.

région intéressée n'est pas trop grand; par *injection*, on constate, sauf dans le cas d'un espace internodal en voie de croissance très active, que c'est toujours à un espace inter-nodal *supérieur*, immédiatement ou plus éloigné, que se manifeste la courbure.

Remarques. — *a*. Il n'est pas douteux que la solution ainsi introduite dans la cavité médullaire est véhiculée par les vaisseaux du bois au niveau des entre-nœuds supérieurs et qu'ici, contrairement aux observations antérieures, l'hétéro-auxine est tout d'abord transportée dans le sens de la sève ascendante.

b. Ces expériences confirment qu'il existe au cours du développement de la tige une période au delà de laquelle l'organe ne réagit plus à l'auxine et que l'effet dépend de la nature des tissus stimulés ([5]).

c. On peut s'étonner que le premier entre-nœud sensible réagisse par une courbure traduisant une dissymétrie d'élongation pouvant atteindre une différence de longueur de 15^{mm} et non par une simple croissance sensiblement rectiligne, la plante étant assez régulièrement cylindrique. On n'aperçoit, à priori, aucune raison justifiant une absorption dissymétrique de l'hétéro-auxine suivant les diverses génératrices. Ces essais ont été poursuivis sur des plantes en pleine terre, à l'air libre, dans une cour intérieure et toutes les courbures s'étant produites dans le même sens, vers la lumière, il est vraisemblable que le phototropisme intervient dans le phénomène.

d. L'étude anatomique en cours apportera sans doute quelques éclaircissements; des résultats actuels il semble bien que l'on assiste uniquement à une élongation cellulaire sans multiplications anormales.

Conclusion. — La méthode de l'injection dans la cavité centrale d'une tige est susceptible de rendre de grands services, car elle est simple, rapide et se prête à des dosages et des comparaisons faciles.

PATHOLOGIE VÉGÉTALE EXPÉRIMENTALE. — *Remarques sur l'utilisation des plantules aseptiques pour l'étude de la formation des tumeurs*. Note de M. **Albert Berthelot** et Mlle **Germaine Amoureux**, présentée par M. Félix Mesnil.

Au cours des recherches dont nous avons déjà rendu compte ([1]), toutes nos expériences ont porté sur de jeunes plantules cultivées aseptiquement

---

([1]) *Comptes rendus*, 203, 1936, p. 629; 204, 1937, p. 517.

pendant le printemps et l'été; nous avons essayé de les répéter durant l'automne et l'hiver. Nous avons dû maintenir nos cultures au laboratoire où elles se sont trouvées soumises à de grandes variations de température. Pour obvier, tout au moins, aux mauvaises conditions d'éclairement que nous imposait la saison, nous fournissions à nos plantes un éclairage d'appoint de 1000 lux et d'une durée de 4 heures, en les exposant, après la chute du jour, à la lumière de lampes à incandescence survoltées dont le rayonnement comportait de l'ultraviolet moyen (limite inférieure 2800 Å).

Malgré le verdissement rapide, et peut-être parce que cette lumière artificielle comporte une grande intensité de rayonnement infrarouge, nous avons constaté qu'à la suite des inoculations superficielles avec *B. tumefaciens*, les lésions apparaissaient plus tardivement, restaient souvent stationnaires, et ne présentaient pas si nettement la tendance à l'extension que manifestaient les tumeurs précédemment obtenues sur des plantes cultivées uniquement à la lumière du jour.

Quoi qu'il en soit, et avec quelques précautions, on peut utiliser les plantules aseptiques aussi bien pendant l'hiver que durant la période normale de végétation; mais, pour ce qui concerne leur application aux recherches sur les agents carcinogènes chimiques ou physiques, nous avons déjà pu constater qu'il est indispensable, afin d'éviter toute erreur dans l'interprétation des résultats, d'accorder, en tous temps, une attention particulière aux détails de technique.

C'est ainsi qu'il faut absolument veiller, lorsqu'on désire faciliter la pénétration d'une substance néoplastique dans une région quelconque d'une plante, à n'y déterminer que des lésions très légères, car, en raison de la croissance rapide des plantules, les plaies s'élargissent et mettent à jour les tissus profonds. Ceux-ci, en pleine prolifération, font souvent hernie à la surface et forment des amas cellulaires, réalisant en quelque sorte des cultures de tissus qui s'étendent même, parfois, sur les régions voisines de la lésion primitive, et peuvent fort bien simuler une réaction néoplasique aux yeux d'un observateur non averti.

En outre, les conditions dans lesquelles vivent les plantules aseptiques déterminent à certains moments une abondante condensation de vapeur d'eau qui entraîne peu à peu les substances déposées intentionnellement sur certains points de la surface des jeunes plantes.

Il y a donc lieu de tenir compte de ces diverses causes d'erreur et de se contenter tout d'abord, dans l'étude des substances cancérigènes, de badigeonnages localisés pratiqués, sans léser l'épiderme, à l'aide des solutions

ou des suspensions d'une concentration suffisante en principe actif. Si, dans ces conditions, aucune réaction proliférative n'apparaît, on doit essayer l'action des mêmes substances sur des lésions déterminées par un large traumatisme et ayant déjà effectué l'évolution normale signalée plus haut.

Dans ce cas on doit encore se borner à des badigeonnages localisés. Si ce mode d'application ne donne aucun résultat, on peut injecter une gouttelette de solution active, mais, en opérant très légèrement avec une pipette effilée aussi finement que possible, ou avec de très fins tubes capillaires implantés dans les tissus.

En raison de l'entraînement possible des substances expérimentées, il importe, quelle que soit la technique employée, de surveiller aussi fréquemment que possible la persistance de l'agent néoplastique au point où il a été appliqué, afin d'assurer, au besoin, par de nouveaux traitements, la continuité de l'action irritante. Dans le cas des substances fluorescentes, cette surveillance est grandement facilitée par l'usage de la lumière de Wood. Enfin, pour toutes ces expériences sur des plantules et jeunes plantes cultivées aseptiquement, il est indispensable de multiplier les témoins dont certains ne doivent pas être traités par la lumière artificielle afin de pouvoir tenir compte, éventuellement, de son influence propre.

Au cours de nos essais poursuivis pendant l'hiver, nous avons également recherché s'il n'y aurait pas avantage à maintenir les plantules en expérience dès le début de leur germination à 25-27° en chambre obscure. Le développement beaucoup trop rapide des germes étiolés nous y a fait renoncer; toutefois nous avons constaté qu'il était utile de placer dans ces conditions, pendant deux ou trois jours, les tubes de culture où nous venions d'introduire des graines stérilisées. Nous y gagnons, d'une part une plus grande régularité des germinations, et, d'autre part, un développement particulièrement rapide des tumeurs du collet déterminées par *B. tumefaciens*. Dans ce cas, le séjour à l'étuve et à l'obscurité doit être maintenu encore quelques jours après l'inoculation. Par cette technique, une plantule, inoculée au troisième jour en transfixant la région du collet avec une très fine aiguille de verre enduite de *B. tumefaciens*, nous a donné, après 7 jours d'incubation à 25° dans l'obscurité, une tumeur translucide, bourgeonnante, qui ne mesurait pas moins de 10^{mm} de longueur sur 6^{mm} de largeur quand M. Bretey voulut bien la photographier, le quinzième jour après le semis.

CHIMIE AGRICOLE. — *Sur les spectres d'absorption par réflexion dans l'ultraviolet de quelques sels basiques de cuivre et autres produits fongicides et insecticides.* Note de MM. **Fernand Willaume** et **Osias Binder**, présentée par M. Maurice Javillier.

Les substances étudiées ont été broyées et tassées dans un support placé en regard et au voisinage immédiat de la fente d'un spectrographe pour l'ultraviolet. La lumière de la source était réfléchie sur la substance étudiée par un petit miroir chromé et les spectres étaient enregistrés sur des plaques Lumière S. E. Après plusieurs essais, nous avons adopté une durée de cinq minutes comme temps de pose, en développant les plaques dans un révélateur au métol-hydroquinone pendant trois minutes. Comme source nous avons utilisé un tube à hydrogène de Challonge et Lambray alimenté sous 2000 volts et 4 milliampères. Dans les conditions où nous avons opéré, le fond continu de la source lumineuse s'étend jusqu'à 2500 Å.

Les spectres des produits étudiés ont été enregistrés au microphotomètre et leur lecture a été faite sur les courbes microphotométriques en se référant sur les raies fortes de l'hydrogène de longueurs d'onde respectives 4861 Å et 4340 Å.

Les spectres obtenus présentent des bandes d'absorption différentes pour chaque substance. Ces bandes correspondent à de grands coefficients d'absorption et se prolongent sur une gamme importante de longueurs d'onde.

Dans le tableau ci-dessous, nous indiquons les longueurs d'onde correspondant à la tête de bande; toutefois, pour quelques produits dont le coefficient d'absorption est faible au début de la bande, nous indiquons entre parenthèses une deuxième longueur d'onde, à partir de laquelle l'absorption prend une valeur importante.

Substances.	Longueurs d'onde correspondant à la tête de bande.
$(HO)^2Cu$	4100
$Cl^2Cu.3CuO.4H^2O$	4050
$Cl^2Ca.3CuO.4H^2O$	4040
$SO^4Cu.5H^2O$	3950 (2970)
$SO^3.2CuO$	4200
$SO^3.3CuO.2H^2O$	3780
$SO^3.4CuO.4H^2O$	4080

Substances.		Longueurs d'onde correspondant à la tête de bande.
Bouillie bordelaise (¹) fraîchement précipitée, séchée non lavée.	Directe	4080
	Inverse	4080
	Simultanée	4080
Bouillie bordelaise séchée après que l'équilibre est atteint.	Directe	4080
	Inverse	4080
	Simultanée	4080
Bouillie Michel Perret		3950
$2CO^2.3CuO.H^2O$		4060
$CO^2.2CuO.1,5H^2O$		4100
Bouillie bourguignonne (²) fraîchement précipitée, séchée non lavée.	Directe	4100
	Inverse	4100
	Simultanée	4100
Bouillie bourguignonne séchée après que l'équilibre est atteint.	Directe	4100
	Inverse	4100
	Simultanée	4100
$(PO^4)^2Cu^3.3H^2O$		3820
$(AsO^4)^2Cu^3.4H^2O$		3850
$(BO^2)^2Cu$		4070
$(C^2H^3O^2)^2Cu.5H^2O$		4080 (3320)
$(C^4H^4O^6)Cu.3H^2O$		3710
CO^3Na^2		3900
$(HO)^2Ca$		3680 (2530)
CO^3Ca		3770
Pigment coloré R. Lance (³)		3820 (2570)
$SO^4H^2(C^9H^7NO)^2$ (sulfate acide d'orthoxyquinoléine)		4550 (4170)

On observera que la bouillie bordelaise, qu'elle soit préparée par la méthode directe, inverse ou simultanée (⁴), conserve le même spectre d'absorption; il en est de même pour la bouillie bourguignonne.

La bouillie bordelaise fraîchement précipitée et séchée sans avoir été lavée, c'est-à-dire imprégnée d'eaux mères, a le même spectre d'absorption

(¹) Obtenue en faisant réagir 10^g $SO^4Cu.5H^2O$ sur 10^g $(HO)^2Ca$ dans 1000^{cm^3} H^2O.

(²) Obtenue en faisant réagir 10^g $SO^4Cu.5H^2O$ sur $4^g,7$ CO^3Na^2 dans 1000^{cm^3} H^2O.

(³) *Comptes rendus*, **172**, 1921, p. 1201.

(⁴) On distingue sous le nom de bouillie bordelaise *directe* celle qui est préparée en versant le lait de chaux dans la solution de sulfate de cuivre; *inverse* celle qui est obtenue en versant la solution de sulfate de cuivre dans le lait de chaux; et *simultanée* celle qui est réalisée en versant en même temps la solution de sulfate de cuivre et le lait de chaux dans le récipient ou s'effectue la réaction.

que si elle est séchée seulement après que l'équilibre du système salin est atteint, ce qui prouve que, dans le premier cas, la réaction continue à se faire pendant le séchage jusqu'à équilibre; il en est de même pour la bouillie bourguignonne.

ZOOLOGIE. — *Sur l'activité des spermatozoïdes au niveau du canal hermaphrodite de l'*Helix pomatia. Note de M. **Jean-Louis Perrot**, présentée par M. Maurice Caullery.

Les spermatozoïdes du canal hermaphrodite ne peuvent se distinguer morphologiquement des spermatozoïdes actifs, fécondants, qui se trouvent au niveau de la poche de fécondation (¹) au moment de la maturité sexuelle.

Comme le sperme du canal hermaphrodite devient mobile en toute saison, lorsqu'on le place dans une solution de Ringer par exemple, j'ai multiplié les expériences suivantes :

1° Prélèvement d'une portion de canal et écrasement entre lame et lamelle. Le sperme, sur le pourtour de la préparation, devient rapidement mobile, puis l'activation se propage progressivement jusqu'au centre, pourvu que l'humidité de la préparation soit suffisante. Même en faisant une dissection très propre, il est impossible de ne pas amener une petite quantité de liquide interne de l'escargot, et c'est lui qui est responsable de la mobilité du spermatozoïde;

2° Prélèvement d'une portion de canal et immersion dans un excès de liquide interne de l'animal. L'activation se fait rapidement dans toutes les régions de la préparation;

3° Même expérience avec du liquide de Ringer. Résultat semblable;

4° Même expérience de la solution physiologique de NaCl à 7 pour 100. Résultat semblable.

Notons tout d'abord les points suivants :

1° La région prélevée du canal importe peu. Le sperme de la partie inférieure du canal hermaphrodite étant plus ancien que celui qui se trouve dans la portion supérieure, on aurait pu s'attendre peut-être à une différence dans leur comportement. — 2° La proportion des spermatozoïdes activés varie. Dans certains cas, le 100 pour 100 devient mobile, dans d'autres, une forte proportion reste immobile, bien que morphologiquement tous les spermatozoïdes soient semblables. — 3° La rapidité du phénomène varie. Le sperme peut devenir mobile pour ainsi dire immédiatement, ou parfois tarder 5 à 10 minutes. — 4° La date du prélèvement du canal hermaphrodite n'importe pas. En plein hiver, en janvier par exemple, les spermatozoïdes sont en

(¹) J.-L. Perrot, *Comptes rendus*, 204, 1937, p. 1216.

pleine vigueur. Les différences notées plus haut se trouvent chez des individus pris dans la nature et expérimentés en même temps. — 5° Ces variations semblent provenir de différences individuelles. Elles sont trop peu homogènes pour qu'on puisse en tirer des lois générales. Le degré de vitalité des *Helix* varie lui-même beaucoup. — 6° Le point important est que, dans la plupart des cas, une grande partie du sperme est capable de devenir mobile, et il ne faut pas des masses de spermatozoïdes pour féconder une cinquantaine d'ovocytes.

Pour serrer de plus près le problème, j'ai refait les mêmes expériences avec : 1° de l'eau de robinet et de l'eau distillée. Sous ces conditions, les spermatozoïdes, ou au moins certains d'entre eux, se mettent à se mouvoir, mais rapidement, par une sorte de flexion de leur *nuque*, ils s'enroulent sur eux-mêmes dans leur partie supérieure, d'une façon tout à fait caractéristique, puis s'immobilisent à nouveau; 2° de la solution de Ringer, qui, par ébullition, est privée d'O^2 libre. Le sperme devient mobile comme avec du Ringer simple; 3° de la solution physiologique de Na Cl, contenant du CO^2 (après barbotage de ce gaz dans la solution) ce qui rend le milieu nettement acide. Le sperme n'est activé que faiblement et temporairement; 4° de la solution précédente, mais neutralisée par du bicarbonate de soude, ce qui en somme n'est qu'un retour à la solution de Na Cl simple. Le sperme est activé.

On pourrait faire différentes hypothèses sur le déclenchement de la motilité de ces spermatozoïdes.

1° Le liquide de Ringer amènerait une substance déterminée, qui agirait sur le sperme. Mais la solution de Na Cl (sans $MgCl^2$) agit de même. — 2° Le liquide amènerait de l'O^2. Mais le Ringer bouilli a la même action que du Ringer normal. — 3° Le liquide diluerait le CO^2 pouvant provenir d'une motilité préalable des spermatozoïdes à l'intérieur du canal et ceux-ci seraient en quelque sorte sortis d'un état d'asphyxie. — 4° le liquide ne jouerait qu'un rôle mécanique en diluant le sperme très dense. — 5° le liquide imbiberait les spermatozoïdes, dans un état de déshydratation, et déclencherait ainsi une motilité persistante, pourvu que le milieu soit d'un pH favorable (voisin de celui des solutions physiologiques, tampons).

J'espère déterminer au cours de mes recherches, le ou les facteurs qui jouent un rôle dans ce phénomène. Pour l'instant, j'aimerais insister sur certaines cellules sécrétrices du canal hermaphrodite, qui pourraient fort bien être responsables de l'activation du sperme. La paroi du canal hermaphrodite de l'*Helix pomatia* est formée de deux sortes de cellules bien distinctes. En pratiquant des coupes à travers le conduit, longitudinalement

ou transversalement, on remarque, dans la région inférieure surtout, qu'une partie de la paroi du canal est constituée par de petites cellules, étroites, fortement ciliées, alors que l'autre partie est formée d'énormes cellules sécrétrices à gros noyaux et non ciliées. Notons que ces cellules sécrétrices, à vrai dire géantes à certains moments de l'année, sont souvent pénétrées par des spermatozoïdes (il y en a parfois, 2 ou 3 dans la même cellule), ce qui peut être un indice de leur rôle d'activation.

Il est intéressant aussi de remarquer que le déclenchement de l'activité des spermatozoïdes, par un des liquides précités, va quasi de pair avec le déclenchement de l'activité de la ciliation des cellules épithéliales du tractus génital.

Nous voyons donc que des liquides, en somme de constitution très banale, amènent la motilité des spermatozoïdes en apparence inertes, et le battement des cils d'un épithélium, sinon inactif, du moins très ralenti, ce qui permet d'admettre que le sperme du canal hermaphrodite pourrait devenir à un moment donné et sous certaines conditions apte à la fécondation.

CHIMIE PHYSIOLOGIQUE. — *Sur la teneur en flavine de divers organes de l'Anguille.* Note de M. **Maurice Fontaine**, présentée par M. Paul Portier.

Les données actuelles sur la teneur en flavine des divers organes des Vertébrés inférieurs étant encore très rares et disparates, nous nous sommes proposé d'étudier la répartition de la flavine chez l'Anguille.

Nous avons tout d'abord dosé [1] la flavine chez l'Anguille *in toto* et constaté l'élévation de la teneur en flavine, au cours du développement, comme le montre l'exemple suivant :

	Longueur en millimètres.	Poids en grammes.	Teneur en flavine en γ par gramme.
Civelle stade VI A. III.........	79	0,390	1,8
Jeune Anguille jaune...........	116	1,625	3,7
Anguille argentée mâle.........	410	115	5,1

L'étude de la teneur en flavine de divers organes a porté sur la grosse

(1) Pour la technique de dosage, voir A. Gourévitch, *Bull. Soc. Chim. Biol.*, **19**, 1937, p. 125 et 527.

Anguille femelle argentée ([2]). Les organes étudiés, placés par teneur en flavine croissante, se rangent dans l'ordre suivant (teneur en flavine exprimée en γ par gramme de tissu frais) :

Sang, muscle (moins de 1), rate (2 à 3), branchies (3 à 4), cœur (4 à 5,4), rein (5), ovaire (5,3 à 6), foie (7,5 à 10), peau du dos (17 à 26).

Nous soulignerons la teneur en flavine extrêmement faible du muscle d'Anguille, qu'il est intéressant de rapprocher ([3]) de la très faible respiration résiduelle en présence de cyanures signalée par Dixon et Elliott pour les muscles de Poissons. Mais le résultat qui nous semble le plus intéressant à retenir est la teneur très élevée de la partie dorsale de la peau d'Anguille, qui est, pour cet animal, le tissu le plus riche en flavine. Cette teneur en flavine diminue quand on passe du dos aux flancs et arrive à être indosable (moins de 1 γ) pour les parties tout à fait ventrales et bien argentées. Nous avons trouvé des taux de flavine encore plus élevés dans la peau dorsale de jeunes Anguilles mâles argentées (teneurs allant jusqu'à 37 γ pour des Anguilles provenant de Martigues et conservées en eau de mer à Monaco).

Ce fait nous paraît d'autant plus intéressant à signaler que cette teneur en flavine élevée n'est pas générale chez tous les Poissons. Alors que nous avons trouvé des quantités importantes de flavine (quoique moindres que chez l'Anguille) dans les peaux de Murène et de Blennie ([4]), nous avons constaté l'absence de flavine en quantité notable dans la peau de Tanche, de Sargue et de Labre.

Dans celle-ci, la flavine est remplacée par une substance à fluorescence bleue qui est extraite exactement de la même façon que la flavine. Nous ne pouvons d'ailleurs affirmer qu'il n'existe pas trace de flavine dans la peau de ces derniers poissons, la fluorescence bleue intense pouvant masquer une faible fluorescence flavinique. Il y a néanmoins une différence très nette entre ces deux groupes de poissons, la peau des poissons à écailles paraissant caractérisée par une substance à fluorescence bleue et celle de poissons sans écailles (ou à écailles très petites et dissimulées) par une teneur élevée en flavine.

([2]) Anguilles provenant du Bassin de la Loire. Voir les caractères de ces Anguilles dans Boucher-Firly, *Thèse Fac. Sc Paris*, 1935, p. 15-16.

([3]) Voir à ce sujet A. Gourévitch, *Bull. Soc. Chim. Biol.*, **19**, 1937, p. 527.

([4]) Ces résultats seront publiés dans un autre Recueil.

VENINS. — *Variations géographiques du venin de* Bothrops atrox *L.* Note de M. **Jehan Vellard**, présentée par M. Maurice Caullery.

Au cours de mes recherches sur les venins ophidiques, j'ai eu souvent l'occasion d'observer des variations importantes de propriétés et d'activité entre échantillons différents d'une même espèce. A la suite de nouvelles études sur les venins vénézuéliens, j'ai été conduit à reprendre cette question avec des espèces de large distribution en Amérique du Sud.

Les variations observées sont de trois classes : individuelles, saisonnières et géographiques. Les deux premières sont peu importantes ; d'ordre quantitatif et peu étendues, elles sont liées à l'état physiologique des animaux et dépendent du degré de concentration des éléments actifs du venin ; le venin desséché se montre, à poids égal, plus actif après un long repos des glandes. Les variations géographiques ont été rarement signalées ; elles peuvent être considérables et modifier complètement les caractères du venin.

Je prendrai comme exemple *Bothrops atrox*, espèce largement répandue dans les régions intertropicales chaudes de l'Amérique, du Mexique au centre du Brésil. Les exemplaires du Vénézuéla et des régions voisines présentent un polymorphisme accentué (dessin, coloris, nombre des écailles) ; ceux du Brésil, assez distincts des précédents, sont beaucoup moins variables. Les échantillons de venin étudiés proviennent du Vénézuéla, de la Martinique et du nord du Brésil ; les résultats ont été comparés avec ceux publiés par Picado [1] à Costa-Rica. Les venins ont été recueillis et conservés en parfaites conditions, excluant toute possibilité d'erreur de ce fait.

Les diverses propriétés d'un venin ophidique sont liées à des éléments différents et sont susceptibles de variations indépendantes ; elles ont été étudiées séparément.

Le venin du *B. atrox* du Brésil est le plus protéolytique des venins ophidiques sud-américains ; ses propriétés anticoagulantes et anticomplémentaires sont très élevées ; il est fortement coagulant, mais son action hémolytique est très faible. *In vivo* il produit des hémorrhagies à distance et un œdème hémorrhagique local considérable, suivi de nécrose étendue,

---

[1] C. Picado T., *Serpientes venenosas de Costa-Rica*, San Jose, Costa Rica, 1931.

provoquant de graves mutilations; son action neurotoxique est peu accusée.

Unité protéolytique, $0^{mg},1$ en relation à 1^{cm^3} de gélatine à 30 pour 100 en 24 heures; *unité anticomplémentaire*, $0^{mg},02$ en relation à $0^{cm^3},5$ de complément à $1/10^e$ en 60 minutes; *unité anticoagulante*, $0^{mg},1$ en relation à 1^{cm^3} de sérum et 1^{cm^3} de plasma fluoré en 60 minutes; *unité hémolytique*, $0^{mg},5$ en relation à $0^{cm^3},5$ de sérum et $0^{cm^3},2$ de globules de cheval en 60 minutes; *unité coagulante*, $0^{mg},0007$ à $0^{mg},0009$ en relation à 1^{cm^3} de plasma fluoré en 60 minutes. *Dose minima mortelle* par voie musculaire, $0^{mg},7$ à $1^{mg},5$ pour le pigeon, 4^{mg} à 6^{mg} pour le cobaye (300^{gr}), 8^{mg} à 12^{mg} pour le lapin; la voie veineuse est plus sévère, par suite de l'action coagulante du venin, pigeon $0^{mg},01$ à $0^{mg},10$; lapin $0^{mg},07$ à $0^{mg},15$.

Les échantillons du Vénézuéla se distinguent par leur propriétés coagulantes et hémolytiques très élevées; leur action protéolytique, anticomplémentaire et anticoagulante est faible. *In vivo*, ils se montrent très toxiques; ils sont peut mutilants et les gros œdèmes hémorrhagiques qu'il produisent n'aboutissent généralement pas à la nécrose.

Unité protéolytique, 2^{mg} en 72 heures, nulle en 24 heures; *unité anticomplémentaire*, $0^{mg},6$; *unité anticoagulante*, 2^{mg}; *unité hémolytique*, $0^{mg},008$; *unité coagulante*, $0^{mg},0001$. *Dose minima mortelle* par voie musculaire, $0^{mg},2$ à $0^{mg},4$ pour le pigeon; 1^{mg} à $1^{mg},5$ pour le cobaye; 2^{mg} à 3^{mg} pour le lapin; par voie veineuse, $0^{mg},006$ pour le pigeon; $0^{mg},01$ à $0^{mg},02$ pour le lapin.

Les échantillons de la Martinique (fer de lance), presque aussi protéolytiques que ceux du Brésil (u. anticomplém. $0^{mg},05$; u. anticoag. $0^{mg},5$), sont peu coagulants (u. coag. $0^{mg},03$); leur action hémolytique est légèrement inférieure à celle du venin vénézuelien. *In vivo*, ils se montrent peu sévères par voie veineuse, par suite de leur faible action coagulante (dose mortelle pour le pigeon 1^{mg} à $1^{mg}5$), mais ils possèdent une action neurotrope, marquée et une forte action nécrosante.

D'après Picado (*loc. cit.*), le venin de Costa-Rica est très peu protéolytique et hémolytique; ses propriétés coagulantes et toxiques se rapprochent de celles du venin vénézuélien; *in vivo*, il provoque aussi de vastes œdèmes hémorrhagiques, mais rarement la nécrose.

De tous ces échantillons de venin de *B. atrox*, ceux du Vénézuéla se montrent les plus complets. L'action protéolytique s'exalte dans les échantillons du Brésil; l'action neurotrope souffre une variation inverse.

Les facteurs climatériques ne gardent aucune relation avec ces variations du venin de *B. atrox*, qui paraissent d'ordre phylogénique et sont comparables à celles des autres caractères. Le venin atteint son maximum d'acti-

vité et de complexité au voisinage du centre de dispersion de cette espèce, tandis que certaines de ses propriétés se développent au détriment des autres vers les confins nord et sud de son territoire.

Cette variabilité du venin pose sous une nouvelle forme la question de la spécificité des sérums antivenimeux et souligne l'intérêt de préparer avec les venins de chaque pays des types régionaux de sérum.

TOXICOLOGIE. — *Contribution à l'étude du sort de la morphine dans l'organisme animal.* Note de M. **Henri Simonnet**, présentée par M. Emmanuel Leclainche.

Les pulpes d'organes sont capables de transformer la morphine en une ou plusieurs substances de nature encore discutée; d'autre part les expériences de perfusion donnent des résultats assez variables suivant les expérimentateurs. Il est donc intéressant de comparer ces deux méthodes en les employant dans des conditions aussi semblables que possible.

Pulpes d'organes. — Les pulpes proviennent d'organes (foie ou matière cérébrale) prélevés sur des animaux normaux (lapins, chiens); elles sont mises au contact de l'alcaloïde (chlorhydrate de morphine) dans des conditions variées de concentration, de température et de temps.

La morphine est dosée colorimétriquement par la réaction de Denigès dans le filtrat obtenu par l'action de l'acide trichloracétique à 20 pour 100. Dans certaines expériences, on a également étudié le liquide obtenu par dialyse sur cellophane.

Dans le cas du foie ou de la matière cérébrale, la perte en morphine varie, suivant les conditions de l'expérience, de 4,5 à 38 pour 100. Des expériences comparables faites avec le sang total ou les globules montrent des pertes pouvant atteindre 58 pour 100.

Perfusion. — Les organes (foie, tête) sont prélevés sur des animaux normaux (lapins, chiens) anesthésiés à l'éther. Le foie est perfusé par la veine porte; la tête, par les carotides primitives. La perfusion, après lavage au Ringer, est faite avec un liquide de Ringer contenant 500^{mg} de morphine par litre. Ce liquide provient de deux réservoirs utilisés alternativement, ce qui permet de pratiquer une perfusion continue; l'ensemble du système est placé à l'intérieur d'une étuve réglée à 39°C.

Le devenir de la morphine est étudié sur des prélèvements effectués périodiquement, dans lesquels l'alcaloïde est dosé colorimétriquement par

la méthode de Denigès, soit directement, soit après défécation trichloracétique. Les perfusions durent de 2 à 4 heures.

Dans ces conditions, on constate que la perfusion du foie n'entraîne pas de diminution du taux de la morphine dans le liquide de perfusion; on ne décèle naturellement pas non plus de morphine dans l'organe à la fin de l'expérience. Au contraire, la perfusion de la tête s'accompagne de la disparition de 20 à 60 pour 100 de l'alcaloïde mis en œuvre. Toutefois, à la fin de l'expérience, la matière cérébrale, comme les autres tissus de la tête, ne contient pas de morphine décelable par la méthode indiquée plus haut.

Interprétation des résultats et conclusions. — Les pulpes de foie ou de matière cérébrale d'animaux normaux possèdent le pouvoir de transformer *in vitro* la morphine en produits ayant des propriétés chimiques différentes. Par contre, les organes dont ces pulpes proviennent n'exercent pas nécessairement la même action. C'est le cas de la tête perfusée qui, comme la pulpe de matière cérébrale, transforme la morphine, alors que le foie perfusé est inactif, au contraire de la pulpe hépatique. Dans des conditions expérimentales comparables, l'aptitude du tissu cérébral intact à transformer la morphine est donc bien plus grande que celle du tissu hépatique.

Ces faits sont à rapprocher des résultats que nous avons antérieurement signalés (¹) relativement à la libération des composés sulfhydrylés par le foie perfusé, libération qui est nulle dans le foie normal et qui n'a lieu que si la cellule hépatique est modifiée par l'action d'une substance toxique (CNH, chloroforme).

TUBERCULOSE. — *Action des esters éthyliques de certains acides gras saturés sur l'évolution de la tuberculose expérimentale du cobaye.* Note de MM. **Léopold Nègre**, **Albert Berthelot** et **Jean Bretey**, présentée par M. Félix Mesnil.

Nous avons montré (¹) que, si l'on soumet des cobayes, infectés par inoculation sous-cutanée de $0^{mg},001$ d'un bacille de type humain ou bovin d'une virulence moyenne, à des injections sous-cutanées bihebdomadaires

(¹) R. Fabre et H. Simonnet, *Comptes rendus*, 185, 1927, p. 1528.

(¹) *Comptes rendus*, 202, 1936, p. 1816; *C. R. Soc. Biol.*, 123, 1936, p. 864.

de $0^{cm^3},2$ à $0^{cm^3},5$ d'ester éthylique de l'acide stéarique, la tuberculose n'évolue pas chez eux de la même façon que chez les animaux témoins non traités. L'apparition des lésions, d'abord sur la rate, puis sur le foie et les poumons des cobayes soumis à ce traitement, est nettement retardée par rapport à ces derniers.

Dans de nouvelles recherches, nous avons essayé de reconnaître si les esters éthyliques d'autres acides gras saturés présentent les mêmes propriétés que l'ester éthylique de l'acide stéarique. Nous avons donc étudié, dans les mêmes conditions que pour celui-ci, l'action des esters éthyliques des acides arachidique, palmitique, myristique, laurique, caprique, caprylique, caproïque et butyrique sur la tuberculose expérimentale du cobaye.

Nous avons constaté que l'arachidate, le palmitate, le myristate, le laurate et le caprate d'éthyle exercent, comme le stéarate en injections sous-cutanées bihebdomadaires de $0^{cm^3},5$, une action retardante sur l'évolution des lésions du cobaye.

Au moment où les cobayes témoins ont de grosses lésions ganglionnaires caséeuses, de très nombreux tubercules sur la rate et quelques granulations sur le foie et sur les poumons, les animaux traités ont des ganglions moins hypertrophiés que ceux des témoins; leurs organes sont toujours moins atteints et ne présentent souvent aucune lésion macroscopique.

Pour que cette action frénatrice puisse être mise en évidence, il faut employer, pour infecter les cobayes, soit une dose faible d'un bacille très virulent (1/25000e de milligramme), soit une dose plus forte ($0^{mg},001$) d'un bacille d'une virulence moyenne. C'est avec le palmitate d'éthyle que nous avons obtenu les résultats les meilleurs et les plus réguliers. Ces effets très favorables ont été encore renforcés par l'incorporation à ce produit d'une certaine quantité d'antigène méthylique.

Les injections de caprylate et de caproate d'éthyle paraissent sans action.

Par contre le butyrate d'éthyle active, conformément à nos prévisions, l'évolution du processus bacillaire. Nous aurons d'ailleurs à revenir sur ce fait, qui concerne un point particulier de nos recherches, en vue de mettre expérimentalement en évidence le rôle joué par l'acidose, notamment dans l'activation des lésions tuberculeuses par les injections de corps gras.

Chez les cobayes tuberculeux traités par des injections sous-cutanées des esters éthyliques actifs, on constate, dans la plupart des cas, une

hypertrophie souvent considérable de la rate, qui paraît due à une hyperplasie réticulaire avec apparition de collagène. Il semble donc que ces substances agissent surtout indirectement par excitation du système réticulo-endothélial, car si on les injecte préventivement à doses massives sous la peau, les animaux qui sont ensuite infectés présentent les mêmes lésions que les témoins.

Nous avons essayé, d'autre part, de nombreux esters dans lesquels les acides gras saturés actifs étaient combinés à des alcools autres que l'alcool éthylique, notamment les alcools benzylique et cinnamique, mais nous n'avons obtenu que des résultats négatifs.

Dans un autre ordre d'idées, il est curieux de noter que les esters éthyliques des acides gras saturés qui paraissent agir le plus favorablement sont au nombre des acides gras que les chimistes ont trouvés le plus fréquemment dans le bacille de Koch.

Louis Guinard ainsi que Jean Troisier ont constaté que les injections sous-cutanées de palmitate et de stéarate d'éthyle sont bien supportées par les malades tuberculeux, mais elles ont l'inconvénient de laisser au point d'injection un placard induré qui paraît se résorber lentement.

Il ressort de nos expériences que les esters éthyliques des acides gras saturés à poids moléculaire relativement élevé, arachidate, stéarate, palmitate, myristate, laurate et caprate d'éthyle, administrés à des cobayes tuberculeux en injections sous-cutanées bi-hebdomadaires, à la dose de $0^{cm^3},5$, ralentissent l'évolution du processus tuberculeux, alors que les esters éthyliques des acides caprylique et caproïque n'exercent sur lui aucune action.

M. Fernand Boverat adresse une Note intitulée *Taux de natalité et de mortalité. Mesure de la vitalité.*

A $15^h 55^m$ l'Académie se forme en Comité secret.

COMITÉ SECRET.

La Section de Botanique, par l'organe de son Doyen, présente la liste suivante de candidats à la place vacante par le décès de M. *J. Costantin* :

En première ligne...........	M. **Paul Guérin**.
En seconde ligne, ex æquo *par ordre alphabétique*........	MM. **Auguste Chevalier**, **Henri Colin**.
En troisième ligne, ex æquo *par ordre alphabétique*.........	MM. **Raoul Combes**, **Joseph Magrou**, **René Souèges**.

Les titres de ces candidats sont discutés.

L'élection aura lieu dans la prochaine séance.

La séance est levée à 17h.

E. P.

ERRATA.

(Séance du 22 février 1937.)

Note de M. *Paul Rumpf*, Synthèse d'acides aminosulfoniques en série grasse. Introduction à leur étude électrochimique :

Page 593, lignes 4 et 5 en remontant, *lire* les acides ε-aminopentanesulfoniques (F. 310° env.) et γ-aminopropanesulfonique (F. 292°).

Page 594, ligne 2 en remontant, *au lieu de* ([10]), *lire* ([4]).

(Séance du 19 avril 1937.)

Note de M. *Paul Lévy*, Sur les séries entières représentant les exponentielles de polynomes :

Page 1158, ligne 11 en remontant, *au lieu de* $A_n > 0$, *lire* $A_n \geqq 0$ (et même $A_n > 0$ si $\delta = 1$); ligne 5 en remontant, *au lieu de* $Q_m(x)$, *lire* $Q_{m-1}(x)$.



ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 10 MAI 1937.

PRÉSIDENCE DE M. AIMÉ COTTON.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Président** annonce à l'Académie le décès de M. **Louis Ravaz**, Correspondant pour la Section d'Économie rurale, Directeur de la Station Œnologique de Montpellier.

M. le **Président** annonce à l'Académie qu'à l'occasion des fêtes de la Pentecôte la prochaine séance hebdomadaire aura lieu le mercredi 19 mai au lieu du lundi 17.

CYTOPHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Sur les conditions dans lesquelles se produit la coloration vitale des vacuoles par le rouge neutre.* Note de MM. **Alexandre Guilliermond** et **Roger Gautheret**.

On sait que le rouge neutre pénètre dans les cellules vivantes et s'accumule dans les vacuoles, coloration essentiellement vitale qui, dès que la cellule meurt, fait place à celle du noyau et du cytoplasme. Afin de démontrer que cette coloration n'est pas nocive et d'établir une meilleure méthode pour suivre l'évolution des vacuoles, l'un de nous a cultivé des Champignons et fait germer des graines dans des milieux additionnés de rouge neutre. Les graines et les Saprolégniacées s'y développent en accumulant le colorant dans leurs vacuoles; par contre, tous les autres Champignons ne se colorent jamais au cours de leur croissance. Il s'agissait d'expliquer pourquoi ces derniers se colorent instantanément entre lame et lamelle, dans une solution de rouge neutre, mais n'accumulent jamais le

colorant en croissant dans un milieu additionné de rouge neutre. Déjà l'un de nous ayant constaté que la coloration vitale par le rouge neutre ne s'effectue qu'au voisinage de la neutralité et ayant démontré, avec Obaton, que la plupart des Champignons acidifient les milieux, à l'exception des Saprolégniacées, avait essayé d'expliquer par ce fait cette différence de comportement. Cette explication ne paraissant pas suffisante, nous avons donc cru devoir entreprendre de nouvelles recherches plus précises sur cette question : celles-ci ont porté sur le *Saccharomyces ellipsoideus*, l'*Oidium lactis*, les Saprolégniacées et les racines de Blé, etc. Nous avons le plus souvent utilisé pour les Champignons une solution de peptone (1 pour 100) et de glucose (1 pour 100) additionnée de 1 à 5^{mg} pour 100 de rouge neutre, à pH échelonnés de 7 à 10.

Nos recherches ont confirmé le rôle essentiel du pH du milieu sur la coloration vitale, mais ont prouvé aussi qu'on ne saurait expliquer le fait que la plupart des Champignons n'accumulent pas le rouge neutre pendant leur croissance par l'acidification qu'ils déterminent dans le milieu. A l'exception des *Saprolegnia*, tous les Champignons acidifient plus ou moins fortement les milieux, mais on peut empêcher cette acidification sans obtenir la coloration des vacuoles. Le *S. ellipsoideus*, par exemple, se colore vitalement à partir de pH 7-7,2; si on le cultive dans un milieu initialement à pH 9, l'acidification est limitée; au bout de 36 heures environ, le pH est encore au-dessus de 7 et cependant la plupart des cellules sont incolores. L'*O. lactis*, qui lui aussi ne se colore qu'à partir de pH 7, peut croître lentement à pH échelonnés de 8 à 9, en acidifiant faiblement le milieu. Les milieux compris entre pH 8,8 et 10,2 sont encore au-dessus de pH 7, au bout de 3 jours, et, à ce moment, le Champignon n'a pas pris le rouge neutre, sauf de rares filaments qui paraissent avoir arrêté leur croissance.

D'autre part, sur milieu gélosé, il se produit une acidification autour de la colonie, se traduisant par un virage du rouge neutre. On pourrait donc expliquer par cette acidification locale, le fait que les cellules n'accumulent pas le rouge neutre, même dans des milieux dont le pH global est encore supérieur à 7. Diverses expériences montrent qu'il n'en est rien. Si des cultures en milieu liquide sont agitées lentement, pendant 24 heures, au moyen d'un dispositif spécial, les cellules ne se colorent pas. Si l'agitation est violente le *S. ellipsoideus* ne se développe plus et prend le rouge neutre, tandis que l'*O. lactis* dont la croissance n'est pas gênée par l'agitation, reste incolore. Dès lors, l'idée vient que le fait de placer des cellules dans

une solution de rouge neutre entre lame et lamelle pourrait inhiber la croissance et que seuls les éléments, qui ne croissent pas, peuvent accumuler le rouge neutre. L'addition au milieu de culture de doses de formol suffisantes pour inhiber la croissance sans tuer les cellules, nous a permis d'obtenir, au bout de 24 heures, la coloration vitale de la plupart des cellules de *S. ellipsoideus* et d'*O. lactis*.

Pour mieux analyser ce phénomène, nous avons cultivé le *S. ellipsoideus* dans des chambres de Ranvier modifiées par l'un de nous, en milieu gélosé additionné de rouge neutre (4^{mg} pour 100), à des pH échelonnés de 7,4 à 8,2. Les cultures étaient observées sous le microscope aussitôt après l'ensemencement. Au début, toutes les cellules accumulaient le rouge neutre dans leurs vacuoles. En repérant ces cellules à l'aide d'un quadrillage, nous avons constaté qu'au bout de 3 heures et demie, les vacuoles se décolorent et, lorsque la décoloration fut achevée, les cellules se mirent à bourgeonner. La même expérience, répétée avec l'*O. lactis* aboutit à un résultat identique. Ceci apporte donc la preuve formelle que la coloration vitale des vacuoles ne peut se faire que dans les cellules ayant arrêté leur croissance. Au début de l'ensemencement, il y a une période de latence pendant laquelle la croissance s'arrête et les cellules accumulent le rouge neutre, puis les cellules se décolorent, immédiatement avant de commencer leur croissance.

Nous avons complété ces expériences par des cultures d'*O. lactis* sur des milieux fortement tamponnés par PO^4K^2H, très pauvres en substances nutritives, additionnés de rouge neutre (4^{mg} pour 100) et à pH échelonnés de 7,4 à 7,8. Dans ces conditions, le Champignon ne subit qu'un faible développement et, lorsque celui-ci cesse, la plupart des filaments accumulent le rouge neutre et restent colorés. Les résultats sont semblables sur gélose pure.

Un *Penicillium* va nous servir d'intermédiaire entre ces deux Champignons et les Saprolégniacées. Cultivé sur peptone-glucose additionné de rouge neutre, à pH supérieur à 7, il se comporte exactement comme l'*O. lactis* et le *S. ellipsoideus* : il n'accumule pas le rouge neutre. Cependant, sur milieu additionné de rouge neutre, dépourvu de substances nutritives (gélose pure ou eau), il pousse faiblement et se colore intensément, sauf dans la zone périphérique où les filaments sont en voie de croissance; il arrive même que certaines extrémités de filaments ont leurs vacuoles colorées alors qu'elles continuent à croître. Les *Saprolegnia* se comportent différemment. Sur bouillon de Soja gélosé, additionné de 1^{mg} pour 100 de

rouge neutre, par exemple, le *S. diclina* accumule ce colorant pendant sa croissance : cependant, au bout de 12 jours, les filaments se décolorent. Sur des milieux beaucoup plus favorables (peptone 1 pour 100 gélosée, additionné de 1 à 2^{mg} pour 100 de rouge neutre, à pH allant de 7 à 8,4), tous les filaments se colorent au début de la culture, mais, au bout de 48 heures, le mycélium se décolore complètement, en même temps qu'il prend un développement luxuriant. Le *Saprolegnia*, *S. species* Chaze, croît d'une manière moins active. Sur bouillon de Soja gélosé ou sur gélose pure, il reste coloré pendant toute sa croissance, mais sur peptone, il se décolore au bout de 4 jours. Il existe donc ici encore un rapport entre la coloration vitale et la croissance. Ces Champignons poussent toujours en accumulant le rouge neutre, mais, dans les milieux très riches, où ils acquièrent un développement considérable, il arrive toujours qu'au maximum de croissance tout le mycélium se décolore. Ce n'est que dans les milieux pauvres que la coloration persiste.

Nos expériences sur les racines de Blé ont consisté à faire germer aseptiquement des graines de cette plante sur bouillon de Soja gélosé additionné de rouge neutre (1 à 2^{mg} pour 100), en boîtes de Petri. Au bout de 3 jours, les graines germent et les racines, dont la croissance est très active, montrent, dans toutes les cellules de leur méristème et de leur coiffe, une superbe coloration de leurs vacuoles. Quant aux poils absorbants, ils déterminent autour d'eux une acidification du milieu et ne se colorent que dans des milieux de pH très élevés. Mais, au bout de quelques jours, les cellules du méristème finissent par se décolorer et seules les cellules de coiffe, qui ne croissent pas sensiblement, restent colorées. En outre, les radicelles qui se forment à ce moment ne montrent plus aucune coloration de leurs vacuoles.

Ainsi, il ressort de nos expériences que pour la plupart de nos Champignons, la coloration vitale des vacuoles n'est possible, à partir d'un pH 7, que dans les cellules qui ont arrêté leur croissance; dès que les cellules se mettent à croître, elles se décolorent et, à partir de ce moment, ne se colorent plus, tant que dure la croissance. Les *Saprolegnia* et les racines de Blé se comportent différemment et accumulent toujours le rouge neutre, au début de leur croissance, à un pH favorable, mais leurs vacuoles se décolorent généralement au bout d'un certain temps qui, pour les *Saprolegnia*, est d'autant plus long que le milieu est plus pauvre, que la croissance est moins active et que le Champignon est moins vigoureux. Il resterait à expliquer le mécanisme de la décoloration des vacuoles. Le rouge neutre a un potentiel d'oxydo-réduction qui ne permet guère d'envisager la possibilité de sa

réduction dans les vacuoles. D'ailleurs, en cultivant l'*O. lactis* en chambre de Ranvier, à l'abri de l'air, dans des milieux additionnés de 5^{mg} pour 100 de rouge neutre, nous n'avons constaté aucune réduction du colorant. Dans des expériences semblables faites avec le bleu de crésyl, le colorant fut, au contraire, réduit et put être réoxydé à l'air. Il n'y a donc que deux hypothèses possibles : ou bien le rouge neutre est détruit par les Champignons ou bien il est rejeté hors des cellules. Nous espérons que des expériences, actuellement en cours, nous permettront de résoudre ce problème.

ASTRONOMIE. — *Sur la disparition de la comète de Biéla.* Note [1] de MM. **Jean Bosler** et **Henri Roure**.

A diverses reprises on a vu des comètes être l'objet de transformations considérables qui ont parfois abouti à leur dislocation en deux ou plusieurs autres astres parcourant à peu de chose près la même orbite. Souvent aussi la matière de la queue a paru éprouver d'étranges altérations, de brusques distorsions pouvant aller jusqu'à sa disparition complète : l'exemple de la comète Morehouse en 1908 est à cet égard bien connu.

Des phénomènes de ce genre sont donc fréquemment signalés; mais un des plus remarquables de tous a été, vers les premiers jours de 1846, le dédoublement de la comète de Biéla. Rappelons brièvement les faits.

1. La comète de Biéla [2], découverte en 1826, avait pourtant, on le reconnut après coup, été observée auparavant sous d'autres noms; mais elle n'avait jamais rien manifesté qui la signalât à l'attention. Aussi la surprise fut-elle grande lorsque, le 13 janvier 1846, le Lieut[t] M. F. Maury, Directeur de l'Observatoire naval de Washington, annonça que la comète observée un peu partout en décembre 1845 et qui, la veille même, lui avait paru ressembler à toutes les autres, s'était tout à coup dédoublée... Les deux composantes, pourvues chacune d'un noyau, d'une chevelure et d'une petite queue, allèrent en se séparant de plus en plus jusqu'au moment où les observations devinrent impossibles. Au retour suivant, en 1852, les deux comètes furent encore vues à de nombreuses reprises. Les conditions étaient défavorables en 1859; mais en 1866, bien qu'elles fussent bonnes, ni la comète principale, ni sa compagne ne furent aperçues nulle part. Le

(1) Séance du 3 mai 1937.
(2) Charles P. Olivier, *Comets*, Londres, 1930, p. 127 et suiv.

27 novembre 1872, la comète devait, d'après les calculs, rencontrer non seulement l'orbite de la Terre mais la Terre elle-même.... On ne vit toujours pas de comètes (³) : une magnifique pluie d'étoiles filantes, les Biélides ou Andromédides, avait pris leur place. L'averse se reproduisit à la même date en 1885, splendide également, puis plus faible en 1892 et peut-être en 1899 : elle ne paraît plus guère s'être renouvelée depuis. Quant à la comète, elle a définitivement disparu.

2. Quelle a été maintenant la cause du dédoublement de 1845-1846 ?

On a allégué des « forces intérieures », des phénomènes électriques ou d'énigmatiques influences cathodiques.... La question n'a jamais été tranchée; mais plusieurs personnes ont vaguement soupçonné, le plus souvent, il est vrai, sans en donner de raisons, une rencontre avec quelque essaim d'étoiles filantes que la comète avait dû traverser. On trouve pourtant cette idée clairement énoncée dans une courte Note de C. Bruhns (⁴) de 1867, intitulée *Einige Bemerkungen über Cometen*, titre qui contribua, croyons-nous, à la faire passer inaperçue. Bruhns signale que la comète de Biéla a dû passer, vers le 2,8 janvier 1846, à une distance de 0,05 de l'orbite des Léonides que Schiaparelli venait de rattacher à la comète de Tempel 1866, I. — Nous nous sommes proposé de vérifier et de préciser, si possible, ce curieux rapprochement.

3. Le mieux dans des cas semblables, étant donné que le plus souvent, pour deux orbites prises au hasard, on voit difficilement, à priori, s'il a pu ou non y avoir proximité, paraît être de recourir à la Géométrie descriptive. C'est ce que nous avons fait. On obtient ainsi une première idée du résultat : il devient alors plus aisé de procéder à un calcul numérique. Celui-ci peut se faire en prenant comme variables indépendantes les deux anomalies excentriques et en exprimant, en fonction de celles-ci, la distance de deux points des deux orbites. Laissant fixe une des anomalies, on cherche le minimum relatif à l'autre; puis, en revenant à la première, par approximations successives, on arrive sans peine au minimum final (⁵).

(³) Un petit objet aperçu aux Indes par Pogson en était peut-être un fragment...

(⁴) *Astronomische Nachrichten*, 68, 1867, p. 365. — D. Kirkwood (*Meteoric Astronomy*, Philadelphie, 1867) cite la remarque de Bruhns, mais sans dire où elle fut publiée. Il paraît d'ailleurs avoir ensuite changé d'avis, car il ne la mentionne même plus dans *Comets and Meteors* (1873, même ville), où il revient pourtant sur la comète de Biéla et sur les Léonides.

(⁵) Notre épure et le détail de nos calculs seront publiés ailleurs.

Nous avons choisi comme éléments de la comète de Biéla, rapportés à l'équinoxe 1846,0, ceux de J. S. Hubbard (6) :

$$T = 1846 \text{ Févr. } 10{,}99966 \text{ (T. m. Paris)}, \quad \omega = 223^\circ 8' 38'', \quad \Omega = 245^\circ 54' 15'',$$
$$i = 12^\circ 34' 53'', \quad q = 0{,}8564457, \quad e = 0{,}7566625.$$

Pour les Léonides, nous sommes partis des recherches de G. Johnstone Stoney et A. M. W. Downing (7) sur les perturbations éprouvées par l'essaim du fait de Jupiter, Saturne et Uranus. Ce travail nous a conduits à adopter, pour l'orbite des Léonides, rapportée à 1846,0 :

$$\omega = 188^\circ 1' 42'', \quad \Omega = 230^\circ 3' 42'', \quad i = 163^\circ 3' 44'',$$
$$q = 0{,}993569, \quad e = 0{,}903512.$$

Nous avons ainsi pu établir que, le 6 janvier 1846, à $20^h 44^m$, la distance de la comète de Biéla à l'orbite moyenne de l'essaim n'était que de 0,0138 unités astronomiques. Les deux rayons vecteurs étaient alors, pour la comète, 1,021 et, pour l'orbite des Léonides, 1,013.

L'orbite des Léonides n'est pas connue avec beaucoup de précision, il suffirait d'altérations légères pour diminuer le chiffre trouvé. De plus, non seulement les deux orbites se sont presque coupées, éventualité déjà peu probable à priori, mais cette quasi rencontre a eu lieu, à peu de chose près, à l'époque voulue (8), ce qui en accroît beaucoup la signification.

Il ne paraît donc guère douteux qu'en 1846, aux environs du jour où la dislocation a été signalée, la comète de Biéla n'ait rencontré des météores des Léonides. D'ailleurs cet essaim, maintenant de moins en moins riche, avait manifesté au dernier siècle une activité restée célèbre.

4. On pourrait remarquer que les Léonides ne semblent pas, comme les Perséides, à peu près uniformément réparties le long de leur orbite : une

---

(6) J. G. GALLE, *Verzeichniss der Elemente der bisher berechneten Cometenbahnen*, Leipzig, 1894, p. 60.

(7) *Astronomische Nachrichten*, **149**, 1899, p. 33.

(8) C'est le 13 janvier 1846 que Maury vit le dédoublement, qu'il annonça le premier (*American Journal of Science*, 2e série, **1**, 1846, p. 293 et 446). Le 12, il mesura la position de la comète et ne remarqua rien (*Astronomical Journal*, **1**, 1850, p. 135). Sa lunette avait un objectif de 24^{cm} et la comète était de grandeur 9-10. Or, le 29 décembre 1845, Fr. Bradley et E.-C. Herrick, observant à Yale avec une lunette de $12^{cm},5$, avaient, dit-on, reconnu le dédoublement (*American Journal, loc. cit.*), que l'on fixe d'ordinaire à cette date. Mais cette observation, publiée après coup, avait été faite par des amateurs, avec un instrument bien inférieur à celui de Maury. Quoi qu'il en soit, l'époque approximative du dédoublement diffère peu de celle donnée par nous.

condensation revient à son nœud tous les 33 ans. Mais, en dehors ([9]) de l'essaim proprement dit, dont l'épaisseur n'est guère que de 0,004 u.a., il y a aussi, sur la même orbite, d'autres météores, partout disséminés, qui produisent chaque année une faible averse météorique durant *plusieurs jours*. Ces météores doivent provenir surtout des rencontres passées de la Terre avec le gros de l'essaim : les étoiles filantes individuelles, déviées de leur route du fait de l'attraction terrestre et accélérées ou retardées par elle, en arrivent ainsi peu à peu à se disséminer tout le long de l'orbite. Ce sont sans doute celles-là qui ont été fatales à la comète de Biéla.

A chacun de ses retours successifs, tous les 6 ans et 7 mois, la comète (ou ses composantes) rencontrait à nouveau l'orbite des Léonides; cette répétition a vraisemblablement suffi à amener sa disparition définitive.

M. **Louis de Broglie** fait hommage à l'Académie :

1° d'un Ouvrage intitulé *Matière et Lumière* qu'il vient de publier et qui est le premier volume d'une nouvelle collection nommée *Sciences d'aujourd'hui*, dont le directeur est M. André George;

2° d'un Ouvrage intitulé *Le droit des savants*, par M. Paul Olagnier, dont il a écrit la *Préface*.

M. **Aug. Lameere** fait hommage à l'Académie du Tome V, fasc. 2 de son *Précis de Zoologie : Les Lépidoptères*.

M. **Georges Perrier** remet à l'Académie une biographie de *Pedro Vicente Maldonado*, par M. Nicolás Espinosa Cordero, publiée à Cuenca (Équateur) à l'occasion du deuxième centenaire de la Mission des Académiciens français dans la Présidence de Quito (1735-1744).

Cette Mission, dont les protagonistes furent les Académiciens Bouguer, La Condamine et Godin, mesura sous l'équateur un arc de méridien de 3 degrés d'amplitude. La longueur du degré sous l'équateur, comparée à la longueur du degré en Laponie, déterminée à la même époque par les Académiciens Maupertuis et Clairaut, donna une confirmation éclatante à l'hypothèse de Newton, qui avait assigné à la terre la forme d'un ellipsoïde de révolution aplati aux pôles.

L'œuvre de Cordero donne les renseignements les plus intéressants sur la vie de Maldonado.

([9]) J. Stoney et Downing, *loc. cit.*, p. 34.

Maldonado, né à Riobamba (Équateur) en 1709, montra dans son enfance des dispositions scientifiques remarquables et fut un géographe éminent, un des hommes les plus illustres de l'Amérique espagnole. Il devint, tout jeune, gouverneur de la région des Atacames, située entre Quito et l'Océan Pacifique ; il s'employa activement toute sa vie à construire à travers cette région, couverte d'épaisses forêts vierges, un chemin direct entre Quito et l'Océan. Il vécut dans l'intimité des Académiciens et fut spécialement lié avec La Condamine qu'il accompagna dans son voyage de retour en France par la rivière des Amazones.

Arrivé en Europe, il fut nommé Correspondant de La Condamine à l'Académie royale des Sciences en 1747 et suivit la même année l'Ambassadeur d'Espagne qui accompagnait le roi Louis XV dans la campagne des Pays-Bas. Il assista à la bataille de Lawfeld et au siège de Berg-Op-Zoom. Il nous a laissé sur cette campagne d'intéressantes lettres. Il est l'auteur de la première carte de la Présidence de Quito, aujourd'hui République de l'Équateur, appuyée sur ses propres reconnaissances et sur le réseau trigonométrique de la Mission des Académiciens, œuvre posthume, publiée par les soins de La Condamine après la mort de Maldonado. Au moment où il allait regagner sa patrie, il mourut prématurément à Londres en 1748. Sa statue a été érigée sur la place principale de sa ville natale, Riobamba.

ÉLECTIONS.

L'Académie procède par la voie du scrutin à l'élection d'un Membre de la Section de Botanique en remplacement de M. *J. Costantin* décédé.

Le nombre de votants étant 56, le scrutin donne les résultats suivants :

	1er tour.	2e tour.
M. Auguste Chevalier	23	33
M. Paul Guérin	19	15
M. Henri Colin	14	7
Bulletin blanc	»	1

M. **Auguste Chevalier**, ayant réuni la majorité absolue des suffrages, est proclamé élu.

Son élection sera soumise à l'approbation de M. le Président de la République.

CORRESPONDANCE.

M. le **Ministre de l'Éducation Nationale** invite l'Académie à désigner un de ses Membres qui remplacera dans le Conseil National des Recherches Scientifiques et Industrielles et des Inventions, M. *P. Janet* décédé.

M. le **Ministre de l'Éducation Nationale** invite l'Académie à lui désigner six de ses Membres qui feront partie du Conseil de l'Observatoire de Paris, conformément au décret du 15 janvier 1927.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° V. V. Ginsbourg. *Les monts Tadjiks, Matériaux sur l'anthropologie des Tadjiks de Carateguine et Darvaz* (en langue russe).
2° G. Dupont. *Cours de Chimie industrielle*. Tome IV. *Industries organiques*.

CALCUL DES PROBABILITÉS. — *Sur les probabilités en chaîne*. Note (1) de MM. **Nicolas Kryloff** et **Nicolas Bogolioùboff**, présentée par M. Jacques Hadamard.

Nous allons considérer ici les suites d'épreuves répétées faites avec un système quelconque S pouvant prendre des états appartenant à une certaine multiplicité Ω.

Nous supposons que la suite des états $x, x_1, x_2, \ldots, x_n, \ldots$, que peut prendre S dans une suite d'épreuves successives, est régie par une loi des probabilités en chaîne. Autrement dit, nous supposons qu'il existe (2) une probabilité $P(x, \mathfrak{A})$ pour que le système se trouvant à une épreuve à

(1) Séance du 3 mai 1937.
(2) D'accord avec les axiomes usuels du calcul des probabilités, nous admettons qu'il existe un système (F) des sous-ensemble de Ω (contenant Ω comme son élément) qui forme un corps de Borel et que $P(x, \mathfrak{A})$ pour x fixe est une fonction non négative d'ensemble $\mathfrak{A}$, absolument additive sur (F) et telle que $P(x, \Omega) = 1$. Nous supposons aussi que, pour $\mathfrak{A}$ fixe, $P(x, \mathfrak{A})$ est une fonction de x mesurable par rapport au système (F).

l'état x prenne à l'épreuve suivante un état appartenant à un ensemble $\mathfrak{A}$ de Ω.

Envisageons maintenant l'espace linéaire ([3]) L_Ω des fonctions bornées $f(x)$ définies dans Ω et considérons dans cet espace un opérateur linéaire T faisant correspondre à une fonction $f(x)$, une fonction

$$f_1(x) = \int_\Omega f(y)\,P(x, dy).$$

Nous supposons qu'on peut indiquer un entier positif K et un opérateur linéaire complètement continu ([4]) V, défini dans L_Ω de façon que $\| T^k - V \| < 1$. Il est à remarquer que cette seule condition restrictive que nous allons imposer ici sur la loi des probabilités en chaîne est très générale, étant donné que pour toutes les valeurs entières et positives de K, $\| T^k \| = 1$.

Cela étant, envisageons une mesure de probabilité m ([5]). Nous dirons que m est une mesure invariante si identiquement

$$m(\mathfrak{A}) = \int P(x, \mathfrak{A})\,m(dx).$$

Nous dirons qu'une mesure invariante m est transitive si elle ne peut pas être présentée sous la forme $c_1 m_1 + c_2 m_2$, où c_1, c_2 sont des nombres essentiellement positifs tels que $c_1 + c_2 = 1$ et où m_1, m_2 sont deux différentes mesures invariantes.

Soit $\mathfrak{N}$ l'ensemble de toutes les mesures invariantes. Il serait facile de voir que $\mathfrak{N}$ est un corps convexe à un nombre fini de dimensions. Les points extrêmes de $\mathfrak{N}$ et ces points seulement sont les mesures transitives. Le résultat fondamental que nous avons obtenu est que $\mathfrak{N}$ *est un simplex*.

Nous avons démontré de plus que *les opérateurs itérés* T^n *convergent* (pour $n \to \infty$) *au sens de Cesaro vers un opérateur limite* T_∞

$$\left\| \frac{1}{n} \sum_{q=1}^{n} T^q - T_\infty \right\| \leq \frac{M}{n}; \qquad M = \text{const.},$$

([3]) L'espace L_Ω est obtenu en introduisant la norme $\|f\| = \sup |f(x)|$ $(x \in \Omega)$ dans la multiplicité linéaire de toutes les fonctions bornées et mesurables par rapport au système (F), définies dans Ω. L'espace L_Ω est évidemment un espace du type de Banach.

([4]) On dit qu'un opérateur linéaire est complètement continu (vollstetig) s'il transforme la sphère $\|f\| \leq 1$ de l'espace L_Ω dans un ensemble compact.

([5]) On dit qu'une fonction non négative d'ensemble $m(\mathfrak{A})$ absolument additive sur le système (F) est une mesure de probabilité si $m(\Omega) = 1$.

lequel est de la forme

$$T_\alpha\{f\}=\sum_{q=1}^{\alpha+1}\varphi_q(x)\int_\Omega f\,dm_q,$$

où α est le nombre des dimensions du simplex $\mathfrak{N}$; $m_1, \ldots, m_{\alpha+1}$ ses points extrêmes (les mesures transitives) et où $\varphi_1, \ldots, \varphi_{\alpha+1}$ sont les fonctions non négatives telles que

$$\sum_{q=1}^{\alpha+1}\varphi_q(x)=1, \qquad \varphi_q=T\{\varphi_q\}, \qquad \int_\Omega \varphi_q\,dm_r=\begin{cases}1, & \text{si } q=r,\\ 0, & \text{si } q\neq r.\end{cases}$$

Soit $\mathfrak{C}_k(k=1, \ldots, \alpha+1)$ l'ensemble de tous les points de Ω pour lesquels $\varphi_k(x)=1$. En vertu des propriétés des fonctions φ_k, il est clair que ces ensembles sont deux à deux sans points communs et que la $k^{\text{ième}}$ mesure transitive m_k est localisée entièrement sur $\mathfrak{C}_k$ de sorte que $m_k(\mathfrak{C}_k)=1$, $m_k(\Omega-\mathfrak{C}_k)=0$. Par conséquent les ensembles $\mathfrak{C}_1, \ldots, \mathfrak{C}_{\alpha+1}$ sont invariants dans le sens que la probabilité, pour que le système S se trouvant à une épreuve à un état x de $\mathfrak{C}_q$ prend à l'épreuve suivant un état n'appartenant pas à $\mathfrak{C}_q$, est nulle,

$$P(x, \Omega-\mathfrak{C}_q)=0, \qquad \text{si } x\in\mathfrak{C}_q.$$

THÉORIE DES ENSEMBLES. — *Sur les courbes planes topologiquement homogènes.* Note [1] de M. Z. **Waraszkiewicz**, présentée par M. Émile Borel.

L'ensemble s'appelle *topologiquement homogène* si, pour chaque couple x et y de ses points, il existe une transformation homéomorphe de l'ensemble en lui-même telle que l'image du point x soit y. Je vais employer dans ce qui suit le terme *transformation automorphe* pour désigner une transformation homéomorphe d'un ensemble en lui-même.

Je présente dans cette Communication le théorème suivant :

Tout continu plan topologiquement homogène est une courbe simple fermée [2].

---

[1] Séance du 12 avril 1937.

[2] Ce théorème constitue la solution du problème de MM. Knaster et Kuratowski (*Fund. Math.*, 1, 1920, p. 223). Voir aussi M. Mazurkiewicz (*Fund. Math.*, 5, 1923, p. 146).

Je me borne ici à donner quelque idée de la démonstration. Elle se compose de deux parties dont la première, qui ne profite que de l'homogénéité locale, permet de restreindre la classe des continus considérés à celle des coupures irréductibles du plan telles que tout sous-continu en est un arc simple ou bien un continu indécomposable ([3]). Or cette seconde hypothèse est impossible, puisque chaque transformation automorphe de la courbe dont toute courbe partielle est indécomposable se réduit à l'identité, de sorte que l'on peut ne considérer que les coupures irréductibles du plan dont chaque courbe partielle est un arc simple. La classe de ces courbes sera désignée par Γ.

Définition 1. — Étant donné dans le plan deux arcs simples $\widehat{ab}$ et $\widehat{a_1b}$ ayant l'extrémité b commune, soit $\sigma(\widehat{ab}, \widehat{a_1b})$ la limite inférieure des nombres λ définis comme il suit : il existe dans le plan un arc $\widehat{\alpha\beta}$ et deux transformations continues f et φ qui transforment cet arc en $\widehat{ab}$ et $\widehat{a_1b}$ respectivement, telle que $f(\alpha)=a$, $\varphi(\alpha)=a_1$, $f(\beta)=\varphi(\beta)=b$ et

$$\left.\begin{array}{l}\operatorname{Max}\limits_{x\in\widehat{\alpha\beta}} r[x, f(x)] \\ \operatorname{Max}\limits_{x\in\widehat{\alpha\beta}} r[x, \varphi(x)]\end{array}\right\} < \lambda \quad ([4]).$$

Définition 2. — Le point x de la courbe $C\in\Gamma$ est dit son *point de retour* d'ordre ε, si, pour chaque couple de ses arcs partiels $\widehat{xy}$ et $\widehat{xy_1}$, l'inégalité

$$r(C, \widehat{xy}+\widehat{xy_1}) > \varepsilon$$

entraîne l'existence dans un des arcs $\widehat{xy}$, $\widehat{xy_1}$, par exemple dans $\widehat{xy}$, d'un arc partiel $\widehat{xy_2}$ tel que l'inégalité

$$\sigma(\widehat{xy_2}, \widehat{xy_1}) < \varepsilon$$

se trouve vérifiée. Le point x est dit *point de retour* tout court, si, pour tout $\varepsilon > 0$, il existe dans C un point de retour d'ordre ε, soit x', tel que l'on ait $r(x, x') < \varepsilon$.

([3]) Le continu s'appelle, d'après L. E. J. Brouwer, *indécomposable* s'il n'est pas somme de deux continus différents de lui.

([4]) $r(X, Y)$ désigne la distance des ensembles X et Y au sens de M. Hausdorff.

J'ai démontré [5] qu'aucune courbe de la classe Γ indécomposable et sans points de retour n'est homogène. Or toute courbe de la classe Γ, en dehors de la ligne simple fermée, étant indécomposable, je peux dans la la suite ne considérer que les courbes de Γ indécomposables et dont chaque point est un point de retour. Cette classe sera nommée Γ_1. La démonstration du fait qu'aucune courbe de Γ_1 n'est homogène repose sur le lemme suivant :

Étant donné une courbe $C \in \Gamma_1$, *toute transformation automorphe* $F(x)$ *de* C, *conservant un composant* [6] S *de cette courbe, est une involution et possède un point* $y \in S$ *fixe* [*c'est-à-dire qu'on a* $FF(x) = x$ *pour tout point* $x \in C$ *et* $F(y) = y$].

Si une courbe C de Γ_1 était homogène, alors il existerait un couple des transformations automorphes F_1, F_2 de cette courbe, conservant un composant S de C et telles que $F_1 \not\equiv 0 \not\equiv F_2$ et $F_3 \equiv F_1^{-1} F_2 \not\equiv 0$. En vertu du lemme, chacune des transformations F_i (ou $i = 1, 2, 3$) est une involution avec un point fixe $\xi_i \in S$. On a donc

$$\xi_i \in \widehat{\xi F_i}(\xi) \qquad \textit{pour tout point } \xi \in S.$$

Or l'égalité $F_1(\xi_3) = F_2(\xi_3)$ montre qu'il n'y a que deux cas possibles d'arrangement des points ξ_i sur S : 1° ξ_1, ξ_2, ξ_3; 2° ξ_3, ξ_1, ξ_2. Dans le premier cas nous constatons immédiatement que l'arc $\widehat{\xi_1 F_3}(\xi_1)$ ne contient pas le point ξ_3, dans le second que c'est le cas de l'arc $\widehat{\xi_2 F_3}(\xi_2)$, d'où la contradiction. C. Q. F. D.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur une généralisation d'un théorème de M. Valiron.* Note de M. **Chi-Tai Chuang**, présentée par M. Jacques Hadamard.

M. Valiron [1] a donné une généralisation du théorème classique de Schottky et un critère de normalité pour les familles de fonctions

(5) *Wiadomosci Matematyczne*, 43, 1937, p. 1-57 (en polonais).

(6) Le *composant* d'un continu indécomposable C correspondant à un de ses points est la somme de tous les sous-continus de C différents de lui qui passent par ce point.

(1) *Comptes rendus*, 200, 1935, p. 1825.

méromorphes, qui contient comme cas particulier un théorème ([2]) de M. Miranda. En utilisant la méthode de M. Miranda (*loc. cit.*), et en me basant sur quelques propriétés fondamentales des équations différentielles linéaires, j'ai obtenu les résultats suivants qui généralisent dans un certain sens les théorèmes de M. Valiron :

I. *$a_0(z)$, $a_1(z)$, …, $a_q(z)$ $(q \geqq 0)$ étant des fonctions holomorphes données pour $|z| < 1$, où $a_q(z)$ ne s'annule pas, si $f(z)$ est holomorphe pour $|z| < 1$, et si les équations*

$$f(z) = 0, \qquad a_0(z)f(z) + a_1(z)f'(z) + \ldots + a_q(z)f^{(q)}(z) = 1$$

n'y ont pas de racines, $f'(z)$, …, $f^{(q)}(z)$ étant les dérivées de $f(z)$, on a

$$\text{(I)} \quad |\log M(r, f)| < \frac{C}{(R-r)^3}\left[|\log|f(0)|| + \overset{+}{\log} M\left(R, \frac{1}{a_q}\right) + \sum_{i=0}^{q} M\left(R, \frac{a_i}{a_q}\right) \log \frac{2}{R-r}\right]$$

pour $0 < r < R < 1$, où C est une constante ne dépendant que de q et des fonctions $a_0(z)$, $a_1(z)$, …, $a_q(z)$, et $M(r, f)$ désigne le maximum de $|f(z)|$ pour $|z| \leqq r$.

Ce théorème restera vrai en remplaçant dans l'inégalité (I) le facteur $(R-r)^{-3}$ par $(R-r)^{-1}$, pourvu qu'on suppose que la constante C puisse varier avec $f(z)$.

On déduit du théorème I, par un procédé donné par M. Valiron (*loc. cit.*), en tenant compte d'une propriété des familles quasi normales de fonctions holomorphes, le suivant :

II. *$a_0(z)$, $a_1(z)$, …, $a_q(z)$, $b(z)$, $c(z)$, $(q \geqq 0)$ étant des fonctions holomorphes données dans un domaine (D), où $a_q(z) \not\equiv 0$ et*

$$a_0(z)b(z) + a_1(z)b'(z) + \ldots + a_q(z)b^{(q)}(z) \not\equiv c(z),$$

si les $f(z)$ sont holomorphes dans (D), et si les équations

$$f(z) = b(z), \qquad a_0(z)f(z) + a_1(z)f'(z) + \ldots + a_q(z)f^{(q)}(z) = c(z)$$

n'y ont pas de racines, la famille $f(z)$ est normale dans (D).

On a établi aussi ce théorème directement par la méthode de M. Miranda.

([2]) *Bulletin de la Soc. Math. de France*, 63, 1935, p. 185.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur l'itération de certaines substitutions linéaires.* Note de M. **Robert Fortet**, présentée par M. Émile Borel.

Soient des nombres a_{ik} $(i, k = 1, 2, \ldots, \infty)$ satisfaisant à la condition $\sum_{i,k} |a_{ik}|^2 < \infty$; considérons la substitution A, définie par les formules $y_i = \sum_k a_{ik} x_k$, et ses itérées successives A^n, de coefficients $a_{ik}^n = \sum_j a_{ij} a_{jk}^{n-1}$, $a_{ik}^1 = a_{ik}$. On montre ([2]) que la considération d'une telle substitution et de ses itérées est absolument équivalente à celle d'un noyau de Fredholm de carré doublement sommable et de ses itérées; les problèmes et les résultats suivants se transposeraient donc immédiatement dans la théorie des équations intégrales. Comme les noyaux de Fredholm, la substitution A possède des substitutions principales $A_1, A_2, \ldots, A_j, \ldots$, des valeurs fondamentales correspondantes $\lambda_1, \lambda_2, \ldots, \lambda_j, \ldots$, et deux groupes de *systèmes principaux* dont l'un sera *de droite* et l'autre *de gauche*. Considérons par exemple le groupe de droite : soient $\varphi^{q_{j-1}+1}$, $\varphi^{q_{j-1}+2}, \ldots, \varphi^{q_j}$ les systèmes principaux de ce groupe relatifs à A_j $(q_0 = 0)$; M. Lewin ([1]) a montré que, parmi toutes les substitutions $B(b_{ik})$ admettant l'ensemble des (φ^i) comme groupe de droite, il en est une pour laquelle $\sum_{i,k} |b_{ik}|^2$ est minimum : A sera dite *minimale à droite* si elle est précisément celle-là. On définit de même les substitutions minimales à gauche.

I. M. Fréchet ([2]) pose le problème de déterminer une expression précise des a_{ik}^n en fonction de n; or, on a la propriété suivante :

Théorème I. — *Si la substitution* A *est minimale, à droite ou à gauche, la substitution* A^n *est la somme d'une série uniformément convergente de substitutions, dont chaque terme est la somme d'un nombre fini d'éléments de la forme* $Q(n)/\lambda_j^n$, *où* $Q(n)$ *est un polynome en* n (*dont les coefficients sont des substitutions*).

L'expression correspondante des a_{ik}^n s'en déduit immédiatement.

Les deux groupes de systèmes principaux d'une substitution A définissent respectivement dans l'espace de Hilbert deux variétés linéaires Φ et Ψ : nous

---

(1) *Recueil de la Société de mathématiques de Moscou*, 39, 1932, p. 3.

(2) *Journal de Mathématiques*, 15, 1936, p. 251.

appelons alors *quasi régulière* toute substitution pour laquelle $\overline{\Phi} = \Psi$ ($\overline{\Phi}$ désignant l'imaginaire conjuguée de Φ). Les substitutions quasi régulières admettent comme cas particulier les substitutions régulières de M. Monteiro [3] (et par conséquent les substitutions symétriques, hermitiques et normales), et les substitutions minimales à la fois à droite et à gauche. On a le théorème suivant :

Théorème II. — *Toute substitution quasi régulière est la somme de deux substitutions orthogonales, dont l'une est une substitution minimale (à droite et à gauche) et dont l'autre est dépourvue de constantes fondamentales.*

II. On peut se proposer de déterminer des catégories de substitutions A pour lesquelles la série $\sum_J A_J$ des substitutions principales A_J de A converge uniformément (la propriété peut évidemment dépendre de l'ordre dans lequel on prend les A_J).

Pour cela, rappelons que l'on peut définir et calculer l'angle $\theta = \widehat{V_1, V_2}$ de deux variétés linéaires V_1 et V_2 de l'espace de Hilbert; on peut prendre toujours cet angle entre 0 et $\pi/2$, et c'est ce que nous supposons dans la suite.

Soient alors, avec les notations définies au début de cette Note, Φ_J la variété linéaire définie par $\varphi^1, \varphi^2, \ldots, \varphi^{q_J}$; Φ'_J celle définie par les $\varphi^r (r = q_J + 1, q_J + 2, \ldots, \infty)$; soit θ_J l'angle $\widehat{\Phi_J, \Phi'_J}$; on a :

Théorème III. — *Étant donné une substitution quasi régulière* A, *pour que la série* $\sum_J A_J$ *de ses substitutions principales prises dans cet ordre soit uniformément convergente, il suffit que les angles* $\theta_J = \widehat{\Phi_J, \Phi'_J}$ *restent, quel que soit* J, *supérieurs à un nombre positif fixe.*

Alors $A = \sum_J A_J + \pi$, où π est dépourvu de constantes fondamentales, $\sum_J A_J$ et π étant orthogonales; le résultat pour a_{ik} s'en déduit immédiatement.

Pour une substitution régulière, $\theta_J = \pi/2$ quel que soit l'ordre des A_J et le groupe de systèmes principaux considéré : on retrouve donc ainsi les résultats de M. Monteiro.

(3) *Comptes rendus*, 200, 1935, p. 2143.

III. Considérons le système (S) d'équations aux différences

$$(S) \qquad x_i(n+1)=\sum_{k=1}^{\infty} a_{ik}\,x_k(n) \qquad (i=1,\,2,\,\ldots).$$

Comme dans le cas où i et k ne prennent qu'un nombre fini de valeurs, on peut définir pour (S) *des solutions principales*, de la forme

$$x_i(n)=\frac{P_{ij}(n)}{\lambda_j^n},$$

où les $P_{ij}(n)$ sont des polynomes en n dont les coefficients sont des combinaisons linéaires des systèmes principaux de droite de A. On a alors :

Théorème IV. — *Si la substitution* A *est minimale à droite, toute solution* $x_i(n)(i=1,\,2,\,\ldots,\,\infty)$ *du système* (S) *d'équation aux différences*

$$x_i(n+1)=\sum_k a_{ik}x_k(n)$$

est la somme d'une série convergente (uniformément lorsque i varie) dont chaque terme est une combinaison linéaire d'un nombre fini de solutions principales de (S).

Ce théorème généralise le résultat analogue et bien connu, relatif au cas où i et k ne peuvent prendre qu'un nombre fini de valeurs.

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Sur les fonctions méromorphes dans un cercle.* Note (1) de M. **Henri Milloux.**

1. L'application des méthodes, dont les premiers résultats ont été résumés dans une Note récente (2), m'a conduit à une majoration intéressante du nombre $n(r,\alpha)$ des zéros de $\varphi-\alpha$ dans le cercle de centre O et de rayon r inférieur à *un*, lorsque la fonction φ est méromorphe dans le cercle unité, et lorsqu'il existe trois valeurs fixes abc telles que les zéros de $\varphi-a$, $\varphi-b$, $\varphi-c$ dans ce cercle unité sont en nombre au plus égal à m. On désigne par δ le plus petit des côtés du triangle sphérique dont les sommets sont les images de abc sur la sphère de Riemann.

Plusieurs cas se présentent dans l'étude de cette majoration. Dans les circonstances les plus défavorables, la quantité $(1-r)n(r,\alpha)$ est majorée

(1) Séance du 3 mai 1937.

(2) H. Milloux, *Comptes rendus*, 204, 1937, p. 864.

par l'expression

$$km + k + k \log \frac{1}{1-r} + k \log \frac{1}{\delta} + k \log \frac{l}{\delta(\alpha, A)},$$

où $\delta(\alpha, A)$ désigne la distance sphérique qui sépare α d'une valeur exceptionnelle possible A; le dernier terme de cette expression majorante peut d'ailleurs disparaître, et même n'existe pas dans le cas général; k désigne une constante numérique.

2. La majoration précédente permet l'attaque de problèmes de distribution de valeurs de fonctions méromorphes dans le cercle unité.

Rappelons que le théorème de Picard est vérifié lorsque la condition

$$\overline{\lim} \frac{T(r, \varphi)}{\log \frac{1}{1-r}} = \infty \tag{1}$$

est réalisée. Je démontre l'existence de cercles de remplissages, vus du cercle unité sous des angles tendant vers zéro, et tels que dans une suite de ces cercles, le théorème de Picard est vérifié, pour les fonctions φ réalisant la condition

$$\overline{\lim} \frac{T(r, \varphi)}{\log^2 \frac{1}{1-r}} = \infty, \tag{2}$$

et ce résultat présente une grande analogie avec les résultats obtenus pour les fonctions méromorphes dans le plan.

3. D'autres propriétés quantitatives concernant les fonctions méromorphes d'ordre fini ρ positif sont aussi obtenues : l'existence d'une suite de cercles de remplissage d'ordre au moins égal à ρ ([3]), déjà démontrée par M. G. Valiron, est retrouvée.

D'un autre côté, l'étude des points de Borel, d'ordre $\rho + 1$, dont la définition et certaines propriétés sont dues à M. G. Valiron ([4]), se trouve facilitée. La propriété fondamentale des *points directs*, à savoir l'existence d'une suite de cercles de remplissage d'ordre $\rho + 1$ tendant vers ces points, est étendue à un groupe de points indirects; l'attaque des points *indirects* les plus généraux s'effectue également par ces méthodes, et l'on décèle, résultat nouveau, l'existence d'une suite de cercles de remplissage d'ordre au moins égal à ρ, tendant vers ces points.

([3]) Dans une suite de ces cercles, l'exposant de convergence des zéros de $\varphi - a$ est au moins égal à ρ, sauf pour deux valeurs au plus de a.

([4]) *Bull. des Sc. Math.*, 56, 1932, p. 1-22.

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Sur l'approximation de certaines sommes.* Note (¹) de M. **Arnaud Denjoy**, présentée par M. Jacques Hadamard.

Les problèmes étudiés dans cette Note sont posés par la théorie des séries trigonométriques.

Soient $F(x)$ une fonction définie sur le segment ab ($a \leqq x \leqq b$), σ une subdivision de ab formée d'intervalles x_{i-1}, x_i avec $x_0 = a$, $x_n = b$, $0 < x_i - x_{i-1} \leqq \omega$. Posons ($\alpha > 0$)

$$\Sigma_\alpha(F, \sigma) = \sum_{i=1}^{i=n} \left| \frac{F(x_i) - F(x_{i-1})}{x_i - x_{i-1}} \right|^\alpha (x_i - x_{i-1}).$$

On définit de même $\Sigma_\alpha(F, J)$, J étant une famille quelconque formée d'un nombre fini d'intervalles disjoints $c_k d_k$ dont la longueur totale est figurée par $|J|$. Soit $S_\alpha(F, a, b)$ la plus grande limite de $\Sigma_\alpha(F, J)$ quand $|J|$ tend vers zéro. La condition $S_1 = 0$ est l'absolue continuité ordinaire de F. Nous appellerons *absolue continuité d'ordre* α *de* F *la condition* $S_\alpha = 0$. β existe, fini ou infini, tel que si $\alpha > \beta$, $S_\alpha = \infty$, si $\alpha < \beta$, $S_\alpha = 0$.

Soit E' l'ensemble des points de ab où F possède une dérivée finie f. Si E' est une pleine épaisseur de ab et si $|f|^\alpha$ est sommable sur E' (sur ab), nous posons

$$I_\alpha(F, a, b) = \int_a^b |f|\, dx.$$

Si mes. $E' < b - a$, si $|f|^\alpha$ n'est pas sommable, nous posons $I_\alpha = \infty$. γ existe tel que, si $\alpha > \gamma$, $I_\alpha = \infty$; si $\alpha < \gamma$, I_α est fini. $\gamma \geqq \beta$.

Théorème. — *La condition* $S_\alpha(F, a, b) = 0$ *est nécessaire et suffisante pour que simultanément* F *possède sur une pleine épaisseur de ab une dérivée finie* f, $|f|^\alpha$ *soit sommable sur ab, et*

$$(1) \qquad \lim_{\omega=0} \Sigma_\alpha(F, \sigma) = I_\alpha(F, a, b) = \int_a^b |f|^\alpha\, dx, \text{ nombre fini.}$$

Pour $\alpha = 1$, on retrouve l'expression de la variation totale d'une fonction absolument continue.

I. Dans le cas $\sigma > 1$, et si F est absolument continue, la formule de Schwartz-Hölder montre l'inégalité fermée $\Sigma_\alpha(F, \sigma) \leqq I_\alpha$, quel que soit σ,

(¹) Séance du 3 mai 1937.

comme M. W. H. Young et Mme G. C. Young l'ont observé (²) sans toutefois établir la relation (1). Ces auteurs ont également montré que la condition Σ_α borné (il suffirait $\lim_{\omega=0} \Sigma_\alpha < \infty$ et même $S_\alpha < \infty$) entraîne l'absolue continuité de $F(S_1 = 0)$.

II. Le cas de $\alpha < 1$, où la formule de Schwartz-Hölder n'est d'aucun secours est plus délicat. En général, $\Sigma_\alpha(F, \sigma)$ ne tendra pas vers une limite unique quand ω tend vers zéro, et quand cette limite unique existera, elle ne sera pas toujours (comme pour $\alpha > 1$) la borne supérieure de l'ensemble des nombres $\Sigma_\alpha(F, \sigma)$. Soient respectivement $\underline{V}_\alpha(F, a, b)$ et $\overline{V}_\alpha(F, a, b)$ la plus petite et la plus grande limites de $\Sigma_\alpha(F, \sigma)$ pour $\omega = 0$. Évidemment $\overline{V}_\alpha \geq S_\alpha$. Il est intéressant de rechercher des conditions nécessaires et suffisantes pour que $\Sigma_\alpha(F, \sigma)$ tende vers une limite unique finie $V_\alpha(F, a, b) = \underline{V}_\alpha = \overline{V}_\alpha$.

Soient λF et ΛF respectivement les plus petite et plus grande valeurs absolues des nombres dérivés extrêmes ou médians de F en un point x où F est continu. Soit E l'ensemble des points où $\Lambda F = \infty$. Soient $\underline{I}_\alpha(F, a, b)$ et $\overline{I}_\alpha(F, a, b)$ les intégrales finies ou infinies respectives de $(\lambda F)^\alpha$ et de $(\Lambda F)^\alpha$, la seconde étant infinie dès que E est épais. Aux points où λF ou ΛF (si E est mince) sont infinis, on les remplace par un nombre fini quelconque pour définir $\underline{I}_\alpha$ et $\overline{I}_\alpha$. $\overline{I}_\alpha = \infty$ entraîne $S_\alpha = \infty$. *Dans tous les cas,*

$$\underline{I}_\alpha \leq \underline{V}_\alpha \leq I_\alpha + S_\beta, \qquad \overline{V}_\alpha = \overline{I}_\alpha + S_\alpha.$$

Pour que $\underline{V}_\alpha = \overline{V}_\alpha = V_\alpha$ *nombre fini*, IL FAUT *que :* 1° $\underline{I}_\alpha = \overline{I}_\alpha = I_\alpha$, *nombre fini;* 2° S_α *soit fini*. Donc :

1° *a*. $F(x)$ *doit admettre une dérivée finie* f *sur une pleine épaisseur de* ab;
1° *b*. $|f|^\alpha$ *doit être sommable sur* ab;

2° *a*. F *doit être bornée;* 2° *b*. *Si* D *est l'ensemble des discontinuités de* $F(x)$ *sur* ab, *la mesure* $\mu_C(D, 1-\alpha)$ *d'ordre* $1-\alpha$ *de Carathéodory de* D *doit être nulle* (cette mesure est la plus petite limite pour $\varepsilon = 0$ d'une somme $k_{1-\alpha}\Sigma i^{1-\alpha}$, $k_{1-\alpha}$ étant une fonction de α seul et la famille des segments i, inférieurs à ε, renfermant D).

La condition $S_\alpha = 0$ implique les quatre conditions 1° et 2°. *Elle est nécessaire et suffisante pour la validité de* (1).

En particulier (1) *sera vérifiée si* F *est absolument continue*, ou plus géné-

(¹) *The Quarterly Journal of Pure and Applied Math.*, n° 173, 1912, p. 66.

ralement *totale complète*, ou enfin *résoluble*, mais *douée d'une dérivée finie exacte f sur une pleine épaisseur*, $|f|^\alpha$ *étant*, dans tous les cas, *sommable sur ab*.

Ces énoncés s'établissent en attachant à chaque point x où une propriété différentielle de F est connue, où $|f|$ est approximativement continue, etc., une certaine famille d'intervalles ou de segments contenant ce point et en appliquant ensuite les raisonnements classiques de Vitali ou ceux que j'ai utilisés dans mes études sur les nombres dérivés.

Voici une application des résultats précédents. Soient fg complètement totalisable, $|f|^\alpha$ et $|g|^{-(\alpha/1-\alpha)}$ sommables sur ab (ce qui implique $|g|>0$ sur une pleine épaisseur de ab). Un changement de variable effectué dans (1) donne la relation

$$\lim_{\omega=0}\sum_{i=1}^{i=n}\left|\int_{x_{i-1}}^{x_i} fg\,dx\right|^\alpha \left|\int_{x_{i-1}}^{x_i}|g|^{-\frac{\alpha}{1-\alpha}}\,dx\right|^{1-\alpha}=\int_a^b|f(x)|^\alpha\,dx,$$

qui peut être regardée comme une extension de la formule de Schwartz-Hölder dans le cas $\alpha<1$ (pour $\alpha>1$, $i=1$, on trouve cette dernière formule). Mais pour $\alpha>1$, et quel que soit σ, la somme figurant au premier membre est inférieure au second.

CINÉMATIQUE. — *Sur le calcul de l'énergie d'accélération d'un corps solide*. Note de M. **de Mira Fernandes**, présentée par M. Jean Chazy.

M. Chazy (¹), en employant le calcul vectoriel d'une façon systématique, a refait le calcul de l'expression de l'énergie d'accélération d'un corps solide ayant un point fixe, donnée (²) par M. Platrier et M. Aimond.

O désignant le point fixe du corps solide, P l'un quelconque de ses points matériels, de masse m; $\vec{\omega}$ la rotation instantanée; $\vec{v}$ et $\vec{\gamma}$ la vitesse et l'accélération de P; $I_{\omega'}$ le moment d'inertie du corps solide par rapport à la droite passant par O et portant le vecteur $\vec{\omega}'=\overrightarrow{d\omega}/dt$; I le moment d'inertie du corps par rapport à l'axe instantané et, finalement, $\vec{\sigma}$ le moment cinétique

(¹) *Bulletin de la Société mathématique de France*, 64, 1936, p. 171.
(²) *Comptes rendus*, 202, 1936, p. 1405 et 1407.

du corps solide au point fixe O; on a

$$(1)\qquad 2S = \Sigma m\gamma^2 = I\omega^4 + I_{\omega'}\left(\frac{d\omega}{dt}\right)^2 - 2\vec{\sigma}\left(\vec{\omega}\times\frac{\overrightarrow{d\omega}}{dt}\right).$$

C'est l'expression de M. Platrier. Les trois termes de ce développement représentent les trois termes du développement du carré

$$\gamma^2 = \left[\vec{\omega}\times\vec{v} + \frac{\overrightarrow{d\omega}}{dt}\times\overrightarrow{OP}\right]^2.$$

Mais, entre les deux derniers, il y a la relation

$$(2)\qquad I_{\omega'}\left(\frac{d\omega}{dt}\right)^2 - \vec{\sigma}\left(\vec{\omega}\times\frac{\overrightarrow{d\omega}}{dt}\right) = \frac{\overrightarrow{d\omega}}{dt}\,\frac{\overrightarrow{d\sigma}}{dt}.$$

En effet, $\overrightarrow{(d\sigma/dt)_r}$ désignant la vitesse du point σ, extrémité du secteur $\vec{\sigma}$, relative au corps solide, on a, selon la formation classique des équations d'Euler,

$$\frac{\overrightarrow{d\sigma}}{dt} = \overrightarrow{\left(\frac{d\sigma}{dt}\right)_r} + \vec{\omega}\times\vec{\sigma},$$

d'où

$$\frac{\overrightarrow{d\omega}}{dt}\,\frac{\overrightarrow{d\sigma}}{dt} = \frac{\overrightarrow{d\omega}}{dt}\overrightarrow{\left(\frac{d\sigma}{dt}\right)_r} - \vec{\sigma}\left(\vec{\omega}\times\frac{\overrightarrow{d\omega}}{dt}\right);$$

et l'on a d'ailleurs

$$\frac{\overrightarrow{d\omega}}{dt}\overrightarrow{\left(\frac{d\sigma}{dt}\right)_r} = A\left(\frac{dp}{dt}\right)^2 + B\left(\frac{dq}{dt}\right)^2 + C\left(\frac{dr}{dt}\right)^2 = I_{\omega'}\left(\frac{d\omega}{dt}\right)^2,$$

car les deux vecteurs multipliés ont respectivement pour composantes, sur les axes principaux d'inertie du solide en O, dp/dt, dq/dt, dr/dt et $A\,dp/dt$, $B\,dq/dt$, $C\,dr/dt$, si p, q, r désignent les composantes de la rotation instantanée $\vec{\omega}$, et A, B, C les moments d'inertie correspondants.

On obtient donc, par élimination entre (1) et (2), ces deux autres expressions, qui peuvent être utiles quelquefois, de l'énergie d'accélération,

$$(3)\qquad 2S = I\omega^4 - I_{\omega'}\left(\frac{d\omega}{dt}\right)^2 + 2\frac{\overrightarrow{d\omega}}{dt}\,\frac{\overrightarrow{d\sigma}}{dt},$$

$$(4)\qquad 2S = I\omega^4 + \frac{\overrightarrow{d\omega}}{dt}\left(\frac{\overrightarrow{d\sigma}}{dt} + \vec{\omega}\times\vec{\sigma}\right).$$

MÉCANIQUE DES FLUIDES. — *Corrections de parois en soufflerie elliptique.* Note [1] de MM. **Lucien Malavard** et **Joseph Pérès**, présentée par M. Henri Villat.

Nous ajoutons quelques compléments de notre précédente Note [2] à laquelle on se reportera pour les notations.

Soit le cas où l'aile occupe la portion $(-l, +l)$ du segment focal de la section de veine, laquelle est une ellipse dont la demi-distance focale est prise égale à l'unité. La répartition des circulations est supposée quelconque et définie par $\Gamma_1 = \Sigma_p A_p \sin p\tau$, en posant $x = l\cos\tau$. Désignons par $Q_n(u)$ le polynome obtenu de la fonction $\sin n\tau/\sin\tau$ quand on y fait le changement de variables $\cos\tau = u$.

Suivant notre méthode pour le calcul de la correction de paroi, tout revient au calcul numérique des coefficients a_n, évidemment donnés par

$$a_n = \frac{2}{\pi}\int_{-l}^{+l} \Gamma_1(x)\,Q_n(x)\,dx = \frac{2l}{\pi}\int_{-1}^{+1} \sqrt{1-u^2}\,.\,\Sigma_p A_p\,Q_n(lu)\,Q_p(u)\,du,$$

c'est-à-dire, enfin,

$$a_n = l\Sigma_p A_p\,\beta_{n,p}(l), \tag{1}$$

en posant

$$\beta_{n,p} = \frac{2}{\pi}\int_{-1}^{+1} \sqrt{1-u^2}\,Q_n(lu)\,Q_p(u)\,du. \tag{2}$$

On trouvera sans peine de nombreuses propriétés des polynomes en l : $\beta_{n,p}(l)$; nous indiquons seulement comment peut se faire pratiquement leur calcul. Partant de la relation bien connue

$$Q_n(x) = 2xQ_{n-1}(x) - Q_{n-2}(x),$$

on obtient, par un calcul simple, la relation de récurrence

$$\beta_{n,p} = l(\beta_{n-1,p-1} + \beta_{n-1,p+1}) - \beta_{n-2,p}. \tag{3}$$

D'autre part, il est immédiat que les $\beta_{1,p}$ et les $\beta_{2,p}$ sont nuls, sauf $\beta_{1,1} = 1$ et $\beta_{2,2} = l$ (on a d'ailleurs, en général $\beta_{n,n} = l^{n-1}$). Enfin, on établit non moins simplement que la relation (3) vaut encore pour $p = 1$ en pre-

---

[1] Séance du 26 avril 1937.

[2] *Comptes rendus*, 204, 1937, p. 740.

nant $\beta_{n-1,0} = 0$. Il n'y a dès lors aucune difficulté à former par récurrence le tableau des $\beta_{n,p}$; on notera que $\beta_{n,p}$ est nul pour $p > n$ et pour $n+p$ impair. On a ainsi les expressions suivantes des $\beta_{n,p}$. Pour $n = 3$, (l^2-1), 0, l^2; pour $n = 4$, 0, $2(l^3-l)$, 0, l^3; pour $n = 5$, $2l^4-3l^2+1$, 0, $3(l^4-l^2)$, 0, l^4, etc.

Ce sont d'ailleurs les valeurs numériques des $\beta_{n,p}$ pour la valeur choisie de l qui interviennent pratiquement et c'est à la formation de leur tableau que l'on a intérêt à appliquer directement le procédé de récurrence obtenu.

On voit que la méthode est très rapide : le développement $\Gamma_1 = \Sigma A_p \sin p\tau$ est connu par la donnée de l'aile et ne comporte usuellement qu'un petit nombre de termes; on aura donc les a_n, d'où les γ_n et le coefficient de correction par la série (6) de notre Note citée. On remarquera que le coefficient A_3 n'intervient que dans les termes de cette série pour lesquels $n \geq 3$, le coefficient A_5 dans les termes $n \geq 5$, etc.

On se rend compte ainsi que, même pour une répartition de circulation qui s'écarte assez de la circulation elliptique, le coefficient de correction est relativement peu modifié, et l'on a les éléments nécessaires pour donner sur ce sujet toutes précisions numériques utiles.

AVIATION. — *Sur le travail de décollage des avions.* Note (¹) de M. **Gustav André Mokrzycki**, présentée par M. Léon Lecornu.

Par travail de décollage, nous entendons le travail consommé depuis le point de départ jusqu'au point où l'avion quitte la terre. Nous admettons pour l'angle d'attaque la valeur constante i_d, à laquelle correspondent les coefficients de traînée et de portance c_{xd} et c_{zd}. Ledit travail est donc

$$T = \int_0^{y_d} F\,dy, \tag{1}$$

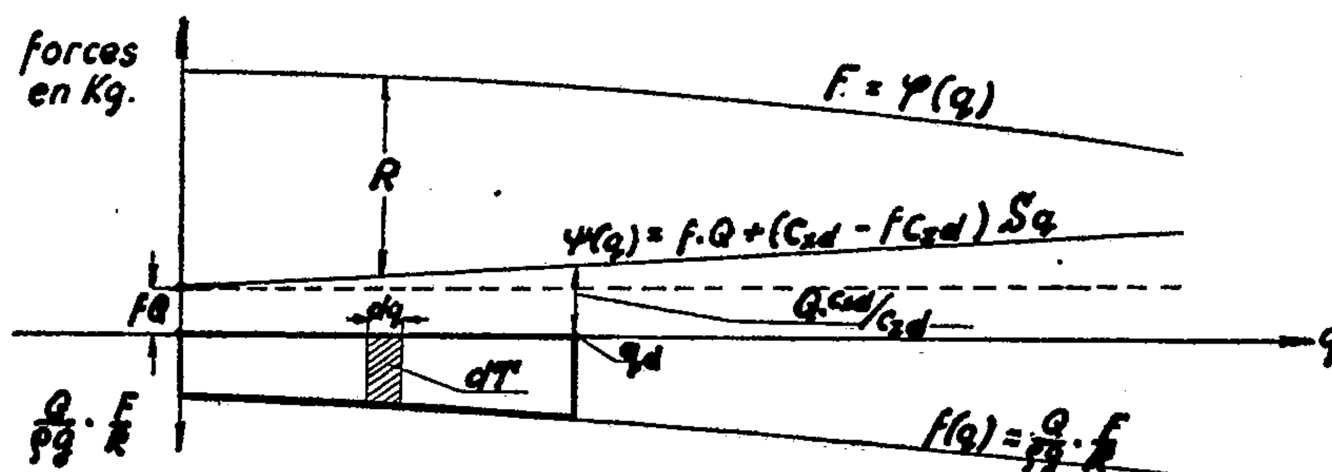
F étant la traction d'hélice, y_d la longueur de décollage. L'équation du mouvement peut s'écrire

$$\frac{Q}{g}\frac{d^2y}{dt^2} + c_{xd}S_q + f(Q - c_{zd}S_q) - F = 0, \tag{2}$$

Q étant le poids de l'avion, S la surface portante, q la pression due à la

(¹) Séance du 3 mai 1937.

vitesse, f le coefficient du frottement. Admettons d'abord que la relation $F = \varphi(q)$ soit donnée par une courbe (voir la figure) obtenue au laboratoire.



Pour résoudre le problème graphiquement, posons

$$\frac{Q}{g}\frac{d^2y}{dt^2} = R.$$

Comme le travail de la force R augmente l'énergie cinétique de l'avion

$$R\,dy = \frac{Q}{\rho g}\frac{d(v^2)}{2},$$

d'où

$$dy = \frac{Q}{\rho g}\frac{1}{R}\frac{d(v^2)}{2} = \frac{Q}{\rho g}\frac{1}{R}dq, \tag{3}$$

ρ étant la densité de l'air. A l'aide de (1) et (3), nous avons

$$dT = F\,dy = \frac{Q}{\rho g}\frac{F}{R}dq. \tag{1 a}$$

L'équation (2) peut s'écrire

$$R = F - fQ - (c_{xd} - f c_{zd})\,S_q. \tag{2 a}$$

D'où la solution graphique : Nous traçons $F = \varphi(q)$, puis $fQ = \text{const.}$ et la droite $\psi(q) = fQ + (c_{xd} - f c_{zd})\,Sq$. La différence des ordonnées $[\varphi(q) - \psi(q)]$ nous donne la force R. Nous traçons au-dessous de l'axe q la courbe $Q/\rho g$, $F/R = f(q)$. Pour le moment où l'avion quitte la terre, nous avons la pression de la vitesse q_d, et le poids d'avion égal à la portance

$$Q = c_{zd}\,S\,q_d. \tag{4}$$

Donc la surface de $q = 0$, à $q_d = Q/c_{zd}S$, entre la courbe $f(q)$ et l'axe q, donne le travail de décollage. D'ailleurs pour q_d nous avons $\psi(q_d) = Q\,c_{xd}/c_{zd}$.

Si nous admettons que la traction d'hélice peut être représentée analyti-

quement en fonction de q, nous pouvons prendre une relation qui corresponde bien à la réalité

$$F = F_0 - aq, \tag{5}$$

F_0 étant la traction au point fixe. Les équations (1), (2a), (3) et (5) permettent d'écrire

$$dT = \frac{Q}{\rho g} \frac{F_0 - aq}{(F_0 - fQ) - [S(c_{xd} - fc_{zd}) + a]q} dq \tag{6}$$

en posant

$$A = \frac{\rho g}{Q}(F_0 - fQ) \quad \text{et} \quad B = \frac{\rho g}{Q}[S(c_{xd} - fc_{zd}) + a],$$

et en intégrant entre zéro et q_d, on arrive à l'expression pour le travail de décollage

$$T = \frac{a}{B} q_d + \frac{Aa + BF_0}{B^2} L\left(l - \frac{B}{A} q_d\right). \tag{7}$$

Pour le décollage de la catapulte, on peut admettre $F = F_0 =$ const., il faut alors poser, dans (7), $a = 0$.

MÉCANIQUE ONDULATOIRE. — *Interaction de deux corpuscules en Mécanique ondulatoire relativiste.* Note de M. **Jean-Louis Destouches**, présentée par M. Louis de Broglie.

Nous nous proposons dans cette Note de donner l'expression d'un opérateur exprimant l'interaction de deux corpuscules de Dirac qui satisfait aux conditions imposées par la Mécanique ondulatoire relativiste des systèmes que nous avons développée.

L'opérateur d'interaction $\mathcal{R}$ est le terme qu'il convient d'ajouter à l'hamiltonien de deux corpuscules indépendants pour obtenir l'hamiltonien du système. Le principe des signaux, joint au principe de relativité, oblige l'opérateur $\mathcal{R}$ à satisfaire aux équations

$$\mathcal{R}\mathbf{T}_{\mu\nu} + \mathbf{T}_{\mu\nu}^{+}\mathcal{R} = \mathbf{0}, \qquad \mathcal{R}\mathbf{T}_{\mu} + \mathbf{T}_{\mu}^{+}\mathcal{R} = \mathbf{0} \qquad (\mu, \nu = 1, 2, 3).$$

De plus, devant se transformer sans l'intervention du temps, il doit avoir la forme

$$\mathcal{R} = \mathbf{R}(\mathcal{A}^{(1)} + \mathcal{A}^{(2)}).$$

Les opérateurs $\mathbf{T}_{\mu\nu}$, $\mathbf{T}_{\mu\nu}^{+}$, $\mathbf{T}_{\mu}$, $\mathbf{T}_{\mu}^{+}$, $\mathcal{A}^{(1)}$, $\mathcal{A}^{(2)}$ étant déterminés par les mêmes conditions qu'en l'absence d'interactions. Nous allons déterminer $\mathcal{R}$ dans le

cas d'un système de deux corpuscules de Dirac. Dans ce cas on a

$$\mathbf{T}_{\mu\nu} = -\mathbf{T}_{\mu\nu}^{+} = \frac{1}{2}(\alpha_\mu^1 \alpha_\nu^1 + \alpha_\mu^2 \alpha_\nu^2), \qquad \mathbf{T}_\mu = \mathbf{T}_\mu^{+} = \frac{1}{2}(\alpha_\mu^1 \alpha_5^2 + \alpha_\mu^2 \alpha_5^1),$$

$$\mathcal{C}^{(1)} = \alpha_5^2, \qquad \mathcal{C}^{(2)} = \alpha_5^1.$$

On trouve d'abord que $\mathbf{R}$ se décompose en une somme de deux termes

$$\mathbf{R} = \mathbf{R}_1 + \mathbf{R}_2(\alpha_5^1 + \alpha_5^2).$$

La condition d'invariance de $\mathcal{R}$ dans une rotation d'axes (commutation avec les $T_{\mu\nu}$) impose que les opérateurs $\mathbf{R}_1$ et $\mathbf{R}_2$ soient des sommes de la forme

$$\mathbf{R}_1 = \sum_k f_k(r_{12})\,\mathbf{R}_{1k}, \qquad \mathbf{R}_2 = \sum_k g_k(r_{12})\,\mathbf{R}_{2k},$$

les opérateurs $\mathbf{R}_{1k}$ et $\mathbf{R}_{2k}$ appartenant au sous-anneau $\mathfrak{A}$ de générateurs

$$1, \quad \alpha_5^1, \quad \alpha_5^2, \quad \alpha_4^1, \quad \alpha_4^2 \quad [\alpha_1^1\alpha_1^2 + \alpha_2^1\alpha_2^2 + \alpha_3^1\alpha_3^2].$$

Les conditions imposées par les transformations de Lorentz simples généralisées sont :

$$\mathcal{A}_\mu(\mathbf{R}_{1k}) = 0, \qquad \mathcal{B}_\mu(\mathbf{R}_{2k}) = 0 \qquad (\mu = 1, 2, 3),$$

les fonctions $\mathcal{A}_\mu$ et $\mathcal{B}_\mu$ étant définies par

$$\mathcal{A}_\mu(\mathbf{X}) = \mathbf{T}_\mu \mathbf{X}(\alpha_5^1 + \alpha_5^2) + \mathbf{X}(\alpha_5^1 + \alpha_5^2)\mathbf{T}_\mu; \qquad \mathcal{B}_\mu(\mathbf{X}) = \mathbf{T}_\mu \mathbf{X}(\alpha_5^1 + \alpha_5^2)^2 + \mathbf{X}(\alpha_5^1 + \alpha_5^2)^2\mathbf{T}_\mu.$$

Pour déterminer les opérateurs $\mathbf{R}_{1k}$ et $\mathbf{R}_{2k}$, en vertu de la linéarité des $\mathcal{A}_\mu$ et $\mathcal{B}_\mu$, il suffit de calculer les valeurs des fonctions $\mathcal{A}_\mu$ et $\mathcal{B}_\mu$ pour les générateurs du sous-anneau $\mathfrak{A}$ et tous les éléments de ce sous-anneau obtenus par produit de générateurs, puis de chercher des combinaisons linéaires de ces éléments dans lesquelles les indices inférieurs 1, 2, 3 figurent de la même façon qui soient des zéros de la fonction $\mathcal{A}_\mu$ ou de la fonction $\mathcal{B}_\mu$. Nous avons trouvé ainsi une solution pour $\mathbf{R}_2$

$$\mathbf{R}_2 = g(r_{12})(1 + \alpha_1^1\alpha_1^2 + \alpha_2^1\alpha_2^2 + \alpha_3^1\alpha_3^2)(\alpha_4^1 + \alpha_4^2)^2.$$

Les conditions de relativité imposent en outre que

$$g(r_{12}) = g(\mathrm{K}[\theta]\,r_{12}),$$

$\mathrm{K}[\theta]$ étant la fonction traduisant la contraction de Lorentz. La solution triviale $g = \text{const.}$ est à rejeter, car l'interaction doit dépendre de la distance et être nulle à l'infini. Une seule fonction, à une constante multi-

plicative près, satisfait à cette dernière condition, c'est la fonction δ de Dirac, d'où

$$g(r_{12}) = k\,\delta(r_{12}).$$

La fonction δ étant insensible à un changement d'unités, on en conclut que k a la dimension d'une quantité de mouvement. Cette constante dépend de la nature des deux corpuscules en interaction. Nous pouvons la décomposer en un produit de trois constantes dont deux seulement sont arbitraires en dimension et en valeur numérique. Posons

$$k = \frac{1}{4c}\,k_{12}\,k_1\,k_2.$$

Nous choisirons pour k_1 et k_2 des charges électriques en u. é. s. attribuées à chacun des corpuscules (sans création de champs), soit e_1 et e_2; il s'ensuit que k_{12} est l'inverse d'une longueur a_{12}. D'où l'expression de l'opérateur d'interaction $\mathcal{R}$

$$\mathcal{R} = \frac{e_1 e_2}{a_{12}}\,\delta(r_{12})(1 + \alpha_1^1\alpha_1^2 + \alpha_2^1\alpha_2^2 + \alpha_3^1\alpha_3^2)(\alpha_4^1 + \alpha_4^2)^2(\alpha_5^1 + \alpha_5^2)^2.$$

En effectuant les produits indiqués on constate que cet opérateur traduit un couplage de toutes les grandeurs associées à chaque corpuscule.

L'opérateur $\mathcal{R}$, contenant la fonction δ et non pas $1/r$, ne se raccorde pas avec la loi de Coulomb. Comme c'est la seule fonction de r possible, on doit en conclure que le problème de l'interaction de deux électrons ne peut être traité en théorie relativiste comme un problème mécanique de deux corpuscules. Ceci se comprend par le fait que les actions à distance doivent se propager avec une vitesse finie et que la Mécanique ondulatoire ne permet pas de tenir compte de ces propagations. Pour traiter ce problème, il semble nécessaire de faire appel à l'hypothèse de Dirac, d'après laquelle les forces coulombiennes sont dues à des interactions entre photons (ou neutrinos) et chacun des électrons.

Mais les électrons ne sont pas les seuls corpuscules obéissant à une équation de Dirac, il y a les neutrinos et antineutrinos et les constituants du photon de Louis de Broglie. Pour un système électron ou positon et neutrino ou antineutrino, notre formule d'interaction convient parfaitement. Sur les trois constantes e_1, e_2, a_{12}, deux sont arbitraires ; soit (1) l'électron (ou positon), nous prendrons $e_1 = e$ charge de l'électron et $a_{12} = r_0$ rayon de l'électron. Si k est déterminé, la constante $e_2 = \eta$ l'est aussi ; on peut appeller η la charge du neutrino ; cette charge ne crée pas de champ et le corpuscule

apparaît bien neutre. Pour un système de deux neutrinos nous prendrons $e_1 = e_2 = \eta$ et a_{12} aura une valeur ρ qu'on peut appeler le rayon du neutrino.

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *Interprétation des opérateurs employés par M. Dirac au moyen des grandeurs fondamentales de l'hyperespace.* Note [1] de M. **Jean Roubaud-Valette**, présentée par M. Louis de Broglie.

On peut considérer les α_i de M. Dirac comme un système de nombres hypercomplexes : $\alpha_i^2 = 1$, $\alpha_i\alpha_j + \alpha_j\alpha_i = 0$ $(i \neq J)$, et non plus comme des matrices. On a pour opérateur différentiel

$$\mathrm{OP} \equiv \mathrm{P}_4 + \sum_1^3 \alpha_i \mathrm{P}_i + \alpha_4 m_0 c,$$

et pour opérateur conjugué

$$\mathrm{OP}^{\star} \equiv \mathrm{P}_4 - \sum_1^3 \alpha_i \mathrm{P}_i - \alpha_4 m_0 c.$$

On a

$$\mathrm{OP}^{\star}\mathrm{OP} = \Box\Psi - \frac{4\pi^2 m_0^2 c^2}{h^2}\Psi = 0,$$

équation de Gordon.

Cherchons quatre nombres λ_1, λ_2, λ_3, λ_4, coefficients de

$$\Psi \equiv \lambda_1\Psi_1 + \lambda_2\Psi_2 + \lambda_3\Psi_3 + \lambda_4\Psi_4,$$

tels que $\mathrm{OP}.\Psi$ soit un nombre de même nature que Ψ, soit

$$\lambda_1 \mathrm{A}_1 + \lambda_2 \mathrm{A}_2 + \lambda_3 \mathrm{A}_3 + \lambda_4 \mathrm{A}_4.$$

Ceci exige que l'on ait

$$(1)\quad \begin{cases} \lambda_1 = \alpha_4\lambda_1 = \alpha_1\lambda_4 = i\alpha_2\lambda_4 = \alpha_3\lambda_3, \\ \lambda_2 = \alpha_4\lambda_2 = \alpha_1\lambda_3 = -i\alpha_2\lambda_3 = -\alpha_3\lambda_4, \\ \lambda_3 = -\alpha_4\lambda_3 = \alpha_1\lambda_2 = i\alpha_2\lambda_2 = \alpha_3\lambda_1, \\ \lambda_4 = -\alpha_4\lambda_4 = \alpha_1\lambda_1 = -i\alpha_2\lambda_1 = -\alpha_3\lambda_2. \end{cases}$$

Ce système admet pour solution

$$(2)\quad \begin{cases} \lambda_1 = (1+\alpha_4)(\alpha_1 + i\alpha_2), & \lambda_2 = (1+\alpha_4)(\alpha_1 - i\alpha_2)\alpha_3\alpha_1, \\ \lambda_2 = (1-\alpha_4)(\alpha_1 + i\alpha_2)(-\alpha_3), & \lambda_4 = (1-\alpha_4)(\alpha_1 - i\alpha_2)\alpha_1. \end{cases}$$

---

[1] Séance du 3 mai 1937.

Ces λ_i vérifient $\lambda_i^2 \neq 0$, $\lambda_i\lambda_j = 0$, ce sont des nombres *pseudo-nuls*.

La forme des λ_i montre que les Ψ_k sont des spineurs.

En développant $\mathrm{OP}\Psi = 0$, on trouve, d'après (1),

$$A \equiv (P_4 + m_0 c)\Psi_1 + (P_1 + iP_2)\Psi_4 + P_3\Psi_3 = 0$$

et trois autres expressions pour B, C, D, qui forment les quatre équations de M. Dirac.

En changeant α_4 en $-\alpha_4$ et $i\alpha_2$ en $-i\alpha_2$ on a,

$$\lambda'_1 = \lambda_4, \qquad \lambda'_2 = \lambda_3, \qquad \lambda'_3 = \lambda_2, \qquad \lambda'_4 = \lambda_1,$$

et, en prenant

$$\varphi \equiv \lambda'_1\,\varphi_1 + \lambda'_2\,\varphi_2 + \lambda'_3\,\varphi_3 + \lambda'_4\,\varphi_4,$$

on obtient les équations du corpuscule complémentaire.

Les nombres 1, α_1, α_2, α_3, α_4 ne sont pas les seuls qui, multipliant un λ_i, donnent un λ_j; il y a aussi 1, $\alpha_3\alpha_2$, α_3, α_1 (nombres formant un groupe); par exemple,

$$1\,\lambda_1 = \alpha_3\alpha_2\lambda_2 = \alpha_3\lambda_3 = \alpha_1\lambda_4, \qquad \ldots.$$

Prenons $\lambda_1 A + \lambda_2 B + \lambda_3 C + \lambda_4 D$, où A, B, C, D sont les premiers membres des équations de M. Dirac; en effectuant

$$1\,[1\,\varphi_1 + \alpha_3\alpha_1\varphi_2 + \alpha_3\varphi_1 + \alpha_1\varphi_4]\,[\lambda_1 A + \lambda_2 B + \lambda_3 C + \lambda_4 D] = 0$$

on a les quatre premières équations du photon de M. de Broglie, en effet,

$$\varphi_i \frac{\partial}{\partial q}\Psi_k = \frac{1}{2}\frac{\partial \Psi_k \varphi_i}{\partial q},$$

à savoir

$$\frac{1}{c}\frac{\partial}{\partial t}\Phi_{kk} = \ldots \qquad (k = 1, 2, 3, 4).$$

En changeant successivement 1 en $\alpha_3\alpha_1$, α_3, α_1, on a les douze autres équations du photon.

Considérons maintenant le nombre hypercomplexe

$$N \equiv \alpha_0 + \Gamma_1(I\alpha_1 + J\alpha_2 + K\alpha_3) + \Gamma_2\alpha_4 + \Gamma\alpha_5,$$

défini précédemment ([2]), où l'on distingue *dimension* et *direction* : l'opérateur différentiel est

$$\Pi \equiv \Gamma_1(IP_1 + JP_2 + KP_3) + \Gamma_2 P_4 + \Gamma m_0 c.$$

([2]) J. Roubaud-Valette, *Comptes rendus*, 204, 1937, p. 747.

En itérant $\Pi\Pi\Psi = 0$ donne l'équation de Gordon. On écrit

$$\Pi = [P_4 + \Gamma(IP_1 + JP_2 + KP_3) + \Gamma_1 m_0 c]\Gamma_2 = OP.\Gamma_2$$

et

$$\Pi = \Gamma_2[P_4 - \Gamma(IP_1 + JP_2 + KP_3) - \Gamma_1 m_0 c] = \Gamma_2 OP^*.$$

On a OP et OP* identiques aux opérateurs de M. Dirac en posant

$$\Gamma J \simeq \alpha_1, \quad \Gamma J \simeq \alpha_2, \quad \Gamma K \simeq \alpha_3, \quad \Gamma_1 \simeq \alpha_4.$$

On voit la correspondance entre les opérateurs de l'électron magnétique et les grandeurs de l'hyperespace en substituant les α_i et en tenant compte de la mise en facteur de Γ_2.

λ_1 et λ_2 sont des spineurs formés de termes d'espace et de composantes d'espace-espace d'un bivecteur, λ_3 et λ_4 sont formés de termes composantes d'espace-temps d'un bivecteur, de composantes d'espace et des deux scalaires;
masse propre $(-m_0\alpha_4) \simeq -m_0\Gamma$, scalaire d'hyperespace;
charge $-e_1 \simeq -e\Gamma^2$, scalaire de temps;
courant $ec\alpha_1$, $ec\alpha_2$, $ec\alpha_3 \simeq e\Gamma_2 I$, $e\Gamma_1 J$, $e\Gamma_1 K$, vecteur d'espace;
moment magnétique $(eh/4\pi m_0 c).i\alpha_1\alpha_3\alpha_4 \simeq (-hi/4\pi m_0 c).\Gamma I$, composantes espace-temps d'un bivecteur, etc.;
moment électrique $(eh/4\pi m_0 c).i\alpha_1\alpha_2 \simeq (-h_i/4\pi m_0 c).I$, composantes d'espace-espace d'un bivecteur, etc.;
spin $S_1 = (h/4\pi).i\alpha_2\alpha_3 \simeq -(hi/4\pi).\Gamma_2 I$, composantes d'un trivecteur espace-espace-temps, etc.;
$S_4 = (h/4\pi).i\alpha_1\alpha_2\alpha_3 \simeq (h/4\pi).i\Gamma_1$, volume d'espace;
$i\alpha_1\alpha_2\alpha_3\alpha_4 \simeq -i\,1$, scalaire pur;

d'où $-m_0\Omega_1$ correspond à un scalaire d'hypervolume, ce qui confirme notre représentation de la masse comme grandeur conjuguée de la cinquième dimension, et Ω_2 à un scalaire pur. Ce sont bien deux invariants pour la transformation de Lorentz.

PHYSIQUE APPLIQUÉE. — *Sur une expression empirique nouvelle de la chaleur totale de la vapeur d'eau surchauffée.* Note (1) de M. **Philippe Tongas**, présentée par M. Charles Fabry.

Nous avons déjà représenté par une formule précise (2) les valeurs expérimentales récemment adoptées pour le volume spécifique de la vapeur

(1) Séance du 3 mai 1937.
(2) *Comptes rendus*, 203, 1936, p. 1134.

p \ t°	100°	150°	200°	250°	300°	350°	400°	450°	500°	550°
1	639,7 *639,2* *0,5*	663,0 *663,2* *0,5*	686,4 *686,5* *0,6*	710,0 *710,1* *0,6*	733,9 *734,0* *1,2*	758,0 *758,0* *1,2*	782,4 *782,4* *1,2*	807,2 *807,2* *1,2*	832,4 *832,3* *1,2*	857,9 *857,8* *2,0*
5			682,1 *681,9* *1,0*	706,9 *706,7* *1,0*	731,5 *731,5* *1,2*	756,2 *756,1* *1,2*	781,0 *780,8* *1,2*	806,1 *805,9* *1,2*	831,4 *831,3* *1,2*	857,0 *856,9* *2,0*
10			676,0 *675,1* *1,0*	702,8 *702,1* *1,1*	728,6 *728,0* *1,2*	753,9 *753,5* *1,2*	779,2 *778,9* *1,2*	804,6 *804,5* *1,2*	830,1 *830,1* *1,2*	856,0 *855,9* *2,0*
25				688,3 *687,8* *1,1*	718,7 *718,0* *1,2*	746,7 *746,3* *1,2*	773,6 *773,3* *1,2*	800,0 *800,0* *1,2*	826,3 *826,5* *1,2*	852,7 *852,6* *2,0*
50					698,6 *698,4* *1,2*	733,1 *732,9* *1,2*	763,5 *763,1* *1,2*	792,1 *791,6* *1,2*	819,8 *819,9* *1,2*	847,2 *847,3* *2,0*
75					672,0 *672,6* *1,2*	717,2 *717,6* *1,2*	752,5 *752,1* *1,2*	783,7 *783,2* *1,2*	813,1 *813,1* *1,2*	841,6 *841,8* *2,0*
100						698,3 *699,5* *1,2*	740,3 *740,0* *1,3*	774,8 *774,5* *1,3*	806,1 *806,0* *1,3*	835,8 *836,1* *2,0*
125						675,6 *676,7* *1,2*	726,8 *726,9* *1,3*	765,4 *765,2* *1,3*	798,9 *799,1* *1,3*	829,9 *830,3* *2,0*
150						647,6 *646,8* *1,5*	711,8 *712,1* *1,3*	755,4 *755,3* *1,3*	791,4 *791,8* *1,3*	823,9 *824,4* *2,0*
200							676,0 *676,5* *2,0*	733,4 *733,4* *2,0*	775,5 *776,0* *2,0*	811,5 *812,0* *2,5*
250							629,7 *622,5* *2,5*	708,2 *707,5* *2,5*	758,5 *758,8* *2,5*	798,5 *798,9* *3,0*
300							567,4 *524,5* *3,0*	679,1 *677,5* *2,5*	740,0 *739,7* *2,5*	784,9

CHALEUR TOTALE DE LA VAPEUR D'EAU SURCHAUFFÉE

Dans chaque case :
Le premier nombre donné est la valeur de la chaleur totale fournie par la formule ci-après reproduite.
Le deuxième est la valeur la plus probable de cette quantité, adoptée en 1934 par la Conférence Internationale des Tables de la Vapeur d'Eau.
Le troisième est l'approximation (±) admise par cette Conférence.

$$i = \frac{4.250.400 + 2.513\,t}{7.114 - t} - \frac{\left[10^{(0,00324t+0,88350)} + 57\right]p}{10^{(0,00410t+1,13085)} - p}$$

p, pression absolue en Kg : cm², t, température ordinaire en °C, i, chaleur totale en grandes calories par Kg.

surchauffée par la *Conférence internationale des Tables de la vapeur d'eau* (Réunion de New-York, 1934). La présente Note donne une expression de la chaleur totale de la vapeur surchauffée, établie de même d'après les tables réduites déjà mentionnées ([3]).

Établissement de la formule. — Le mode de variation, pour une température t donnée, de la chaleur totale i en fonction de la pression absolue p suggère de calculer la valeur i_0 que prendrait i pour une pression nulle. La quantité i_0 peut être représentée par une fonction homographique de la température t dont elle dépend exclusivement; elle constitue le terme principal de la formule.

Celle-ci comporte, de plus, un terme correctif qui, comme dans l'expression déjà donnée du volume spécifique, peut être représenté par une fonction homographique de p dont les coefficients sont des fonctions exponentielles de t. La pression absolue p étant exprimée en kg : cm² et la température t en degrés centigrades, la chaleur totale i, exprimée en grandes calories par kilogramme, peut s'écrire

$$i = \frac{4250400 + 2513t}{7114 - t} - \frac{[10^{(0,00324t+0,88350)} + 57]p}{10^{(0,00410t+1,13085)} - p}.$$

Pour une pression donnée, la correction tend vers zéro quand la température augmente; pour une température donnée, elle augmente avec la pression.

Résultats obtenus. — Appliquée aux états considérés dans les tables réduites et reproduits dans le tableau ci-joint, la formule donne les résultats suivants :

1° Soixante-neuf des valeurs calculées sur soixante et onze, soit 97 pour 100, s'écartent de la valeur la plus probable de la chaleur totale d'une quantité inférieure (ou très exceptionnellement égale) à l'approximation admise par la Conférence. L'écart atteint au plus 0,24 pour 100 de la valeur la plus probable et il est généralement beaucoup plus faible.

2° Deux résultats (dans les cases encadrées du tableau) dépassent l'approximation admise. Leurs écarts, par rapport à la valeur la plus probable, sont respectivement de 5,2 et 42,9 calories, soit 0,8 et 8,2 pour 100.

A l'exception de ces deux cas singuliers, la formule empirique proposée fournit donc avec une grande précision, malgré sa relative simplicité, la chaleur totale de la vapeur d'eau surchauffée et elle paraît pouvoir être employée dans des calculs d'interpolation.

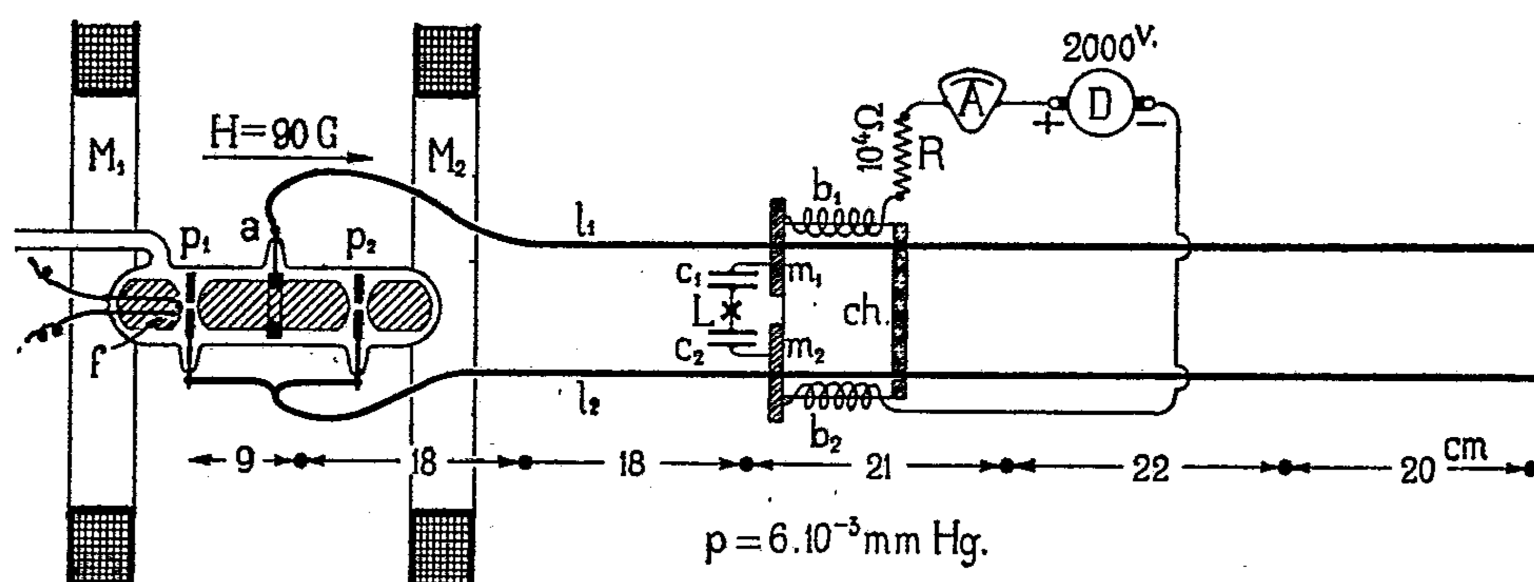
([3]) Voir, par exemple, *The Engineer*, 160, n° 4160, 1935, p. 353.

ONDES HERTZIENNES. — *Sur un nouvel oscillateur à ondes très courtes (micro-ondes).* Note (¹) de M. **Théodore V. Ionescu**, présentée par M. Aimé Cotton.

L'oscillateur se compose d'un tube en verre de $2^{cm},8$ de diamètre et de 20^{cm} de longueur. Dans ce tube (voir la figure) il y a trois électrodes : deux plaques (p_1, p_2) en aluminium de $2^{cm},5$ de diamètre placées à une distance de 8^{cm} et un anneau a en cuivre placé au milieu.

Chaque plaque présente un trou de $0^{cm},5$ en son milieu; devant une des plaques se trouve un filament f en tungstène chauffé par une batterie de 6 volts. Pour des pressions plus petites que 10^{-3} mm Hg on a souvent besoin de porter ce filament à l'incandescence.

Le tube se trouve dans l'axe d'une bobine double de Helmholtz M_1, M_2, formée de deux bobines de 30^{cm} de diamètre. Elles ont 1142 spires et une section bobinée de $5 \times 5^{cm^2}$. On voit que dans cet oscillateur, les champs électrique et magnétique sont *parallèles*. La figure montre les connexions



de l'oscillateur. Les fils de Lecher l_1 et l_2 ont 2^m de longueur et $3^{mm},5$ de diamètre. Ils sont placés à une distance de 5^{cm}. Sur ces fils glisse un chariot en ébonite *ch*, sur lequel sont fixées deux plaques métalliques m_1, m_2 par lesquelles passent les fils de Lecher; c_1, c_2 représentent deux capacités constituées par deux plaques métalliques de $3 \times 8^{cm^2}$ séparées par une feuille de mica de $0^{mm},2$ d'épaisseur; L est une petite lampe à incandescence (6 volts et 0,2 ampère). Les bobines de choc b_1, b_2 sont constituées

(¹) Séance du 3 mai 1937.

par 20 spires de 3^{cm} de diamètre; R est une résistance de 10000 ohms et D une dynamo qui peut fournir 0,3 ampère sous 2400 volts.

On peut réduire la pression dans le tube jusqu'à 10^{-6} mm Hg et l'on peut en même temps introduire de l'air ou de l'hydrogène à la pression désirée.

L'anneau se trouve au pôle + de la dynamo et les plaques au pôle —. Si l'on change la polarité ou si une seule plaque est connectée au pôle — le courant ne passe pas.

Pour des pressions de l'ordre de 10^{-2} mm Hg le courant augmente en même temps que le champ magnétique et peut dépasser 0,5 ampère, pour quelques dizaines de Gauss et quelques centaines de volts.

(En partant de ces observations, j'ai construit des redresseurs qui fonctionnent dans de bonnes conditions jusqu'à 2000 volts).

Pour quelques millièmes de millimètres de Hg le courant passe seulement si p, H et V ont acquis des valeurs déterminées. En faisant varier continuellement V ou H le courant peut passer brusquement d'une série de valeurs à une autre série. Les phénomènes lumineux que nous avons déjà décrits [2] varient en même temps que le courant. Dans le tube représenté sur la figure ils sont symétriques par rapport à l'anneau si la différence de potentiel entre les plaques est égale à 0.

Si pour les valeurs de p, H *et* V, *indiquées sur la figure, on fait déplacer le chariot sur les fils de Lecher, la lampe* L *s'allume et brille d'un vif éclat dans les positions indiquées par des points noirs. Les distances entre les trois premiers nœuds sont de* 18^{cm} *et l'oscillation donnée par le tube correspond à* $\lambda = 36^{cm}$.

Pour les autres nœuds, la distance varie un peu. Cette variation est due au fait que les fils de Lecher sont couplés fortement avec la colonne de gaz ionisé qui se trouve dans le tube. Ce fait peut être déduit de l'observation de l'ampèremètre : si l'on approche un nœud, le courant augmente de 0,01 à 0,03 ou 0,04 ampère pour tomber brusquement si l'on dépasse le nœud. En même temps, l'éclat du cylindre lumineux augmente et sur les faces opposées (voir la figure) des plaques, le gaz du cylindre devient lumineux. Si l'on dépasse le nœud, la lumière disparaît.

Pour les valeurs de H plus grandes que celles données sur la figure, on obtient encore des vibrations qui correspondent à de plus grandes valeurs de λ. A des pressions plus petites que 10^{-3} mm Hg, on peut obtenir aussi

---

(2) *Comptes rendus*, 202, 1936, p. 1842.

des oscillations très puissantes qui peuvent produire des étincelles de $1^{cm},5$ de longueur entre les sphères d'un éclateur remplaçant les condensateurs c_1, c_2 et la lampe L.

Dans ce dernier cas, on doit souvent porter à l'incandescence le filament f et quelquefois intercaler une batterie de 120 volts entre ce filament et les plaques.

SPECTROSCOPIE. — *Mesure relative des coefficients d'absorption de l'ozone dans la région des bandes de Chappuis.* Note de Mme **Arlette Tournaire-Vassy**, présentée par M. Charles Fabry.

L'absorption de l'ozone dans le domaine visible a été étudiée quantitativement par Colange ([1]). Dans la région ultraviolette plusieurs auteurs ont déterminé les coefficients d'absorption et leurs résultats ne sont pas concordants. Ce désaccord doit être attribué en particulier aux difficultés que présente le dosage chimique. Il était donc intéressant, en vue de certaines mesures de physique atmosphérique, d'avoir des coefficients homogènes dans le visible et dans l'ultraviolet, de sorte que, si l'on connaît l'absorption due à l'ozone, facilement mesurable dans l'ultraviolet, on puisse calculer cette absorption dans le visible afin de faire la discrimination entre l'absorption due à ce gaz et d'autres absorptions d'origines différentes.

C'est en vue de raccorder ainsi les coefficients du visible à ceux de l'ultraviolet que j'ai opéré de la façon suivante : un tube en forme de croix, fermé par quatre fenêtres de quartz (longueur du grand axe : $39^{cm},8$; longueur du petit axe : $9^{cm},8$; diamètre : $4^{cm},5$), contient un mélange d'oxygène et d'ozone. Il est traversé suivant le petit axe par un faisceau parallèle de lumière issu d'un tube à hydrogène et qui va se concentrer sur la fente d'un spectrographe à optique de quartz (dispersion : 20 Å par millimètre vers 3300 Å). Suivant le grand axe, il est traversé aussi par un faisceau parallèle de lumière provenant d'une lampe à incandescence ; la lumière va ensuite tomber sur la fente d'un spectrographe ouvert à $f/9$ dont la dispersion est 32 Å par millimètre dans le vert.

Après admission du mélange oxygène-ozone, on attend un temps assez long pour que la concentration en ozone soit la même aux différents points

---

(1) *Journal de Physique*, 6e série, 8, 1927, p. 254.

du tube; un spectre en lumière ultraviolette obtenu sur une plaque graduée au préalable, donnera alors, en se servant de coefficients d'absorption connus, l'épaisseur réduite de l'ozone observé suivant le petit axe. Le grand axe étant quatre fois plus long que le petit, l'épaisseur d'ozone absorbant la lumière de la lampe à incandescence sera donc quatre fois plus grande. Un spectre donnant l'absorption de l'ozone en lumière visible permettra alors de déterminer les coefficients d'absorption pour ce domaine spectral.

J'ai effectué cette détermination en adoptant pour l'ultraviolet les coefficients donnés par Ny Tsi-Zé et Choong Shin-Piaw [2]. Je déterminai l'épaisseur absorbante par une méthode graphique en portant en abscisses le coefficient et en ordonnées les densités optiques; la pente de la droite ainsi obtenue, qui passe par l'origine, donnait l'épaisseur réduite de l'ozone (il faut remarquer que, à cause de la complexité des bandes et de la dispersion plus grande du spectrographe de Ny et Choong, les maxima d'absorption ne se plaçaient pas tout à fait sur la même droite que les minima). A cause de l'action de la température sur les minima d'absorption [3], il aurait fallu utiliser la droite passant par les maxima; mais d'autre part, à cause de la forme très aiguë des maxima, j'ai jugé préférable de faire porter les mesures sur les minima.

Les valeurs moyennes des coefficients d'absorption résultant de sept mesures portant, dans le visible, sur des épaisseurs d'ozone comprises entre 7 et 20^{cm} sont groupées dans le tableau suivant :

λ.		λ.		λ.		λ.	
4600....	0,005	5060.....	0,021	5745....	0,063	6235....	$0,048_5$
4672....	0,005	5120.....	0,020	5755....	$0,062_5$	6375....	$0,037_5$
4770....	$0,007_5$	5260.....	0,033	5860....	$0,056_5$	6520....	0,027
4825....	$0,010_5$	5461.....	0,042	5975....	0,066	6600....	0,023
4875....	0,009	5525.....	0,046	6010....	0,068	6695....	0,019
4988....	0,015	5648.....	0,057	6105....	0,061		

La dispersion relativement grande du spectrographe employé m'a permis de préciser la position des maxima d'absorption, et la forme de la courbe qui représente les résultats contenus dans ce tableau met en évidence quelques écarts avec celle de Colange.

---

(2) *Chinese Jour. Phys.*, 1, 1931, p. 1.
(3) Vassy, *Thèse*, Paris, 1937.

OPTIQUE. — *Sur le pouvoir réflecteur du cuivre.* Note de MM. **Léon Capdecomme** et **Pierre Jacquet**, présentée par M. Armand de Gramont.

On sait qu'il est difficile de préparer des surfaces métalliques dont les propriétés optiques, en particulier les pouvoirs réflecteurs, donnent lieu à des mesures bien concordantes. Ceci est dû à la détérioration superficielle du métal au cours du traitement mécanique que constitue le polissage : les conditions de cette opération ne pouvant être contrôlées avec précision, il est impossible d'obtenir des surfaces rigoureusement identiques. On a pu montrer, par exemple (1), que le pouvoir réflecteur du cuivre poli est d'autant plus élevé que l'action mécanique a été moins intense.

En admettant qu'il soit possible d'effectuer le polissage toujours dans les mêmes conditions, les constantes optiques mesurées ne correspondraient pas au métal cristallin puisque cet état est superficiellement modifié par l'action mécanique.

La méthode de *polissage anodique* décrite par l'un de nous (2) n'altère pas la structure cristalline et semble, par suite, particulièrement bien adaptée à la mesure des constantes optiques vraies d'un métal. H. Lowery et ses collaborateurs (3) ont déjà déterminé par la méthode de Drude les constantes optiques des surfaces brillantes de cuivre obtenues par le polissage anodique d'une part, par le polissage mécanique classique et par distillation dans le vide, d'autre part. Les valeurs les plus élevées et les plus constantes du pouvoir réflecteur sont observées avec les échantillons polis au moyen du procédé anodique, qui conserve dans son intégrité la structure cristalline du métal.

Nous avons repris et complété ces expériences en employant la lumière filtrée du tungstène ($\lambda = 4500$ Å). Le pouvoir réflecteur est directement mesuré au moyen du dispositif d'Orcel (4) modifié par l'un de nous (5).

1° Plusieurs échantillons de cuivre électrolytique de même origine sont polis à l'alumine 3 heures. On mesure le pouvoir réflecteur en différents points de chaque surface (1^{cm^2} environ), puis on effectue le polissage ano-

(1) H. Lowery et R. L. Moore, *Phil. Mag.*, 13, 1932, p. 938.

(2) P. Jacquet, *Comptes rendus*, 201, 1935, p. 1473.

(3) H. Lowery, H. Wilkinson et D. Smare, *Phil. Mag.*, 22, 1936, p. 769.

(4) J. Orcel, *Bull. Soc. Franç. Min.*, 54, 1930, p. 301.

(5) L. Capdecomme, *Comptes rendus*, 198, 1937, p. 462; 202, 1936, p. 1843 et 2061; 203, 1936, p. 994.

dique. Le tableau ci-dessous montre qu'après ce traitement les facteurs de réflexion sont très concordants.

Pouvoir réflecteur en unités arbitraires.

Échantillon 1	1,415
» 2	1,420
» 3	1,414

Les pouvoirs réflecteurs des surfaces polies fraîchement à l'alumine sont bien moins concordants et inférieurs de 3 à 5 pour 100 aux précédents.

2° Nous avons étudié l'évolution de ces deux types de surfaces dans une atmosphère sèche, à la température ordinaire.

Pendant plusieurs semaines, on ne constate pour les surfaces polies par le procédé anodique aucune modification du pouvoir réflecteur, dans la limite de précision des mesures (1 pour 100). Le tableau ci-dessous montre qu'il n'en est pas de même des surfaces n'ayant subi que le polissage mécanique.

Pouvoir réflecteur du cuivre poli mécaniquement et conservé dans une atmosphère sèche.

	Après polissage.						
	Immédiatement.	1 jour.	2 jours.	3 jours.	4 jours.	10 jours.	17 jours.
Échantillon I	0,959	0,947	0,940	0,935	0,929	0,921	0,920
Échantillon II	0,942	0,925	0,918	0,915	0,912	0,909	0,907

3° La température a une grande influence sur l'évolution des surfaces dans l'atmosphère du laboratoire. En maintenant dans une étuve à 50° des échantillons préparés par les deux procédés, on observe que les surfaces polies mécaniquement s'altèrent beaucoup plus vite que les surfaces préparées par traitement anodique (tableau ci-dessous). Cette altération correspond à la formation d'une pellicule d'oxyde cuivreux qui peut, d'ailleurs, être détruite par immersion rapide dans une solution diluée d'acide phosphorique; le pouvoir réflecteur reprend ainsi sa valeur initiale.

Variations du pouvoir réflecteur du cuivre chauffé à 50° C. (6).

	Après polissage.				
	Immédiatement.	105 min.	240 min.	360 min.	600 min.
Poli mécanique	0,971	0,931	0,894	0,875	0,880
Poli anodique	1	0,987	0,978	0,978	0,974

(6) Les nombres donnés sont rapportés au pouvoir réflecteur du cuivre poli anodiquement et non altéré.

L'ensemble de ces résultats montre que le polissage effectué au moyen du procédé anodique permet de préparer des surfaces de cuivre polycristallines dont le pouvoir réflecteur est bien constant et qui sont moins altérables que les surfaces non cristallines obtenues par le procédé mécanique habituel.

RADIOACTIVITÉ. — *Le spectre optique de l'actinium.* Note de Mlle **Willy A. Lub**, présentée par M. Jean Perrin.

L'actinium est le seul élément dont le spectre optique ne soit pas connu.

Nous avons eu à notre disposition deux produits actinifères, un produit d'oxyde de lanthane actinifère de 5^{mg} contenant $0,053^{mg}$ d'actinium (produit $316\alpha.2$) et un produit d'oxyde de lanthane actinifère de 4^{mg} contenant $0,050^{mg}$ d'actinium (produit $316\alpha.7$). Les deux produits étaient de la même substance mère, le produit $316\alpha.7$ plus pur que l'autre.

Nous avons choisi comme source lumineuse l'étincelle condensée éclatant entre un fil de platine et une mèche en fil de platine plongée dans la solution du produit à examiner, méthode indiquée par Demarçay [1].

L'étincelle était obtenue au moyen d'un transformateur de 10000 volts, Dans le circuit électrique on place un condensateur et une self et l'on choisit les conditions électriques de telle sorte qu'on obtienne un spectre lumineux en employant très peu de solution et en prenant des soins pour ne pas être trop gêné par les spectres de bandes.

Avant d'être mis en solution l'oxyde de lanthane était transformé en nitrate. Nous avons employé comme concentration de la solution 1 pour 100; donc un pourcentage en Ac de 1 sur 10000. On peut donc espérer obtenir les raies ultimes de Ac.

Pour montrer combien cette méthode de Demarçay est efficace pour prendre des spectres de produits précieux, nous pouvons mentionner que la quantité utilisée pour chaque cliché est de 3×10^{-6} gr. d'actinium.

Une expérience préliminaire avec un spectrographe à petite dispersion (5000-3500 Å sur $3^{cm},5$) montrait, pour le spectre de $316\alpha.2$ dans la région 5000-4000 Å, quatre raies qui n'existaient pas sur les clichés du spectre d'un autre oxyde de lanthane actinifère (produit 317, activité 20000 fois plus faible) pris dans les mêmes conditions.

(1) *Spectres électriques*, Paris, 1895.

Nous avons pris les clichés définitifs avec le grand spectrographe de Steinheil, à trois prismes de verre. Cet instrument a une ouverture relative de *f*: 10 et une dispersion de 9,3 Å/mm pour 4400 Å; 7,3 Å/mm pour 4150 Å; 6,4 Å/mm pour 4050 Å.

Le spectrographe a été réglé de façon à donner la région spectrale de 5850 Å jusqu'à 3850 Å. Pour étudier l'ultraviolet, nous avons pris en même temps le spectre avec un spectrographe de quartz (E_2 de Hilger). Nous avons mesuré les trois spectres des produits 317, 316 α.2 et 315 α.7, sur les clichés du Steinheil, par rapport au spectre du fer; un cliché de chaque produit. Les raies nouvelles ont été mesurées sur les six clichés. Nous avons employé les clichés du spectrographe à quartz pour la discussion des raies ultimes qui tombent au-dessous de 3850 Å.

Parmi les 700 raies que nous avons mesurées, on trouve 7 raies d'une intensité assez forte qui n'existent pas sur les clichés du produit 317 et qu'on ne peut non plus attribuer à une des impuretés constatées dans les produits 316. Afin d'être sûrs de ce que ces raies sont vraiment des raies nouvelles, nous avons comparé notre listes aux listes des raies spectrales de tous les éléments chimiques dont nous avons constaté les raies ultimes dans un des produits 316 et 317.

Nous avons trouvé comme raies nouvelles les suivantes :

λ_{air}(I.Å).....	4812,25	4413,17	4386,37	4359,09	4179,93	4168,40	4088,37
Intensité.....	4	5	5	3	4	5	5

Après une discussion un peu longue, que nous donnerons ailleurs, nous pouvons conclure à l'impossibilité d'attribuer ces raies aux autres éléments chimiques, qui se trouvent dans les produits actinifères. Il faut donc attribuer ces raies au spectre de l'actinium, ce corps étant le seul élément chimique qui se trouve considérablement augmenté (20000 fois) dans les produits 316, par rapport au produit 317.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Évolution des tensions interfaciales au voisinage de la saturation.* Note [1] de M. F. **Barillet** et Mlle A. **Choisnard**.

Supposons un système composé de deux liquides non miscibles A et B, et d'une phase solide S. Il est bien connu que, par agitation, le solide S est mouillé préférentiellement par celle des phases A ou B pour laquelle sa

(1) Séance du 27 avril 1936.

tension interfaciale est la plus faible. En pratique, quand le degré de division du solide S est convenable, il passe dans cette dernière phase.

Si la phase S est soluble, à un degré quelconque, dans les deux phases A et B, l'expérience montre, d'une façon générale, que le solide S passe dans la phase vis-à-vis de laquelle sa solubilité est la plus élevée.

Si l'une des phases liquides (A par exemple) est saturée ou sursaturée du solide S et l'autre phase liquide (B) sous-saturée, le solide S s'installe alors dans la phase B, quel que soit le liquide qui l'humectait initialement. Quand on ajoute alors du liquide A non saturé, le solide S passe dans la phase A, si toutefois la quantité ajoutée est suffisante pour que la sous-saturation tombe au-dessous de celle de la solution B.

Si les deux phases A et B sont également saturées, le solide S passe dans la phase présentant la proportion la plus élevée de S à l'état dissous.

Exemples : 1° Une solution saturée de chlorure d'ammonium est agitée avec du chlorure d'ammonium broyé à 0,1-0^{mm},05 et avec de l'acide oléique. Le solide passe dans l'acide oléique.

2° Au mélange précédent on ajoute quelques gouttes d'eau pour désaturer la solution aqueuse (on peut aussi élever de quelques degrés la température). Le sel passe dans la solution aqueuse.

3° Dans l'essai I, on remplace l'acide oléique par de l'acide oléique préalablement saturé de chlorure d'ammonium. Le sel s'installe dans la solution aqueuse.

4° Les essais précédents peuvent être effectués, non seulement avec du chlorure d'amonium, mais aussi avec du sulfate de calcium, du chlorure de baryum, du sulfate de cuivre (ce dernier en liqueur acidifiée, naturellement) etc.

5° On peut réaliser ces expériences, non seulement avec de l'acide oléique, mais aussi avec nombre de liquides organiques appropriés. La solubilité de la phase solide n'a pas besoin d'être très élevée pour que le résultat soit net : une solubilité de 0,15-0,20 pour 100 suffit déjà.

6° On constate, par l'étude du phénomène aux limites de saturation, que le passage de la phase solide dans l'une ou l'autre phase liquide est d'autant plus net et plus rapide que l'une des solutions est fortement sursaturée, ou l'autre fortement sous-saturée.

Il semble qu'on puisse conclure ainsi : la tension à l'interface d'un solide et de sa solution est, en valeur absolue, d'autant plus élevée que le degré de sursaturation est plus élevé; d'autant plus faible que le degré de sous-saturation est plus élevé.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Détermination de l'hydratation individuelle des ions.* Note de MM. **François Bourion** et **E. Rouyer** et de Mlle **O. Hun**, présentée par M. Georges Urbain.

Nous avons déterminé (1) l'hydratation globale des ions de divers électrolytes en fixant la constante cryoscopique k' dans les solutions de ces derniers de manière que la constante d'équilibre $K_3 = C^3/C'$, entre molécules simples et molécules triples de la résorcine, possède la même valeur $K_3 = 3,500$ dans les solutions de ces électrolytes que dans l'eau pure.

Mais jusqu'ici, nous n'avons pas indiqué le degré d'hydratation individuelle des ions. Toutefois, nous avons pu y parvenir, en reprenant une hypothèse faite par Manchot, Jahrstorfer et Zepter (2), à la suite de suggestions faites antérieurement par K. Schäfer (3), basées sur des considérations de natures diverses, à savoir que *l'hydratation des ions nitriques est nulle.* Or nous avons montré (4), par la méthode indiquée plus haut, que l'on a les hydrates suivants :

$$NO^3Na\,9,3\,H^2O \text{ en solution } 1,00\,M_d = NO^3Na\,11,1\,H^2O \text{ en solution } 0,5\,M.$$

D'après ce qui précède, ces hydrates représentent aussi les hydrates de l'ion $\overset{+}{Na}$ aux mêmes concentrations

$$x_{\overset{+}{Na}} = 9,3\,H^2O \text{ en solution } 1,00\,M \text{ et } x_{\overset{+}{Na}} = 11,1\,H^2O \text{ en solution } 0,5\,M.$$

De proche en proche, à l'aide des valeurs obtenues pour l'hydratation globale des ions de divers électrolytes, on peut calculer les hydratations individuelles de tous les ions entrant dans les électrolytes expérimentés. Nous avons pu ainsi dresser le Tableau suivant :

---

(1) F. Bourion, E. Rouyer et Mlle O. Hun, *Comptes rendus*, 196, 1933, p. 1015; F. Bourion et E. Rouyer, *Ibid.*, 196, 1933, p. 1111; F. Bourion et Mlle O. Hun, *Ibid.*, 196, 1933, p. 1489; E. Rouyer, *Ibid.*, 198, 1934, p. 742; Mlle O. Hun, *Ibid.*, 201, 1935, p. 660.

(2) *Z. anorg. u. allgem. Chem.*, 141, 1934, p. 38-81.

(3) *Z. anorg. u. allgem. Chem.*, 97, 1916, p. 285.

(4) F. Bourion et Mlle O. Hun, *Comptes rendus*, 201, 1935, p. 660.

Concentr. ionique 1,00.	Concentr. ionique 0,5.	Auteurs.
$\underset{+}{\mathrm{Na}}$ 9,3 H^2O par le nitrate	$\underset{+}{\mathrm{Na}}$ 11,1 H^2O par le nitrate	Bourion et Mlle Hun.
$\underset{-}{\mathrm{Cl}}$ 3,9 H^2O par ClNa	$\underset{-}{\mathrm{Cl}}$ 4,5 H^2O par ClNa	Bourion et Mlle Hun.
$\underset{+}{\mathrm{K}}$ 4,7 H^2O par ClK	$\underset{+}{\mathrm{K}}$ 5,7 H^2O par ClK	Bourion et Rouyer.
$\underset{-}{\mathrm{Br}}$ 3,4 H^2O par BrK	$\underset{-}{\mathrm{Br}}$ 3,9 H^2O par BrK	Bourion et Mlle Hun.
$\underset{-}{\mathrm{Br}}$ 3,6 H^2O par BrNa	$\underset{-}{\mathrm{Br}}$ 4,2 H^2O par BrNa	Mlle Hun.
$\underset{+}{\mathrm{Li}}$ 11,1 H^2O par ClLi	$\underset{+}{\mathrm{Li}}$ 13,3 H^2O par ClLi	Bourion et Rouyer.
$\underset{+}{\mathrm{Am}}$ 2,3 H^2O par ClAm	$\underset{+}{\mathrm{Am}}$ 3,0 H^2O par ClAm	Bourion et Rouyer.
	$\underset{+}{\mathrm{Am}}$ 2,7 H^2O par nitrate	Mlle Hun.
	$\underset{-}{\mathrm{I}}$ 2,9 H^2O par IK	Mlle Hun.
	$\underset{+}{\mathrm{H}}$ 10,0 H^2O par ClH	Bourion et Mlle Hun.

Concentr. ionique 0,5.	Concentr. ionique 0,25.	
$\underset{--}{SO^4}$ 4,8 H^2O par $SO^4(NH^4)^2$	$\underset{--}{SO^4}$ 3,6 H^2O par $SO^4(NH^4)^2$	Mlle Hun.
$\underset{++}{\mathrm{Ca}}$ 19,2 H^2O par Cl^2Ca	$\underset{++}{\mathrm{Ca}}$ 21,6 H^2O par Cl^2Ca	Bourion et Rouyer.
$\underset{++}{\mathrm{Sr}}$ 18,9 H^2O par Cl^2Sr	$\underset{++}{\mathrm{Sr}}$ 21,3 H^2O par Cl^2Sr	Rouyer.
$\underset{++}{\mathrm{Ba}}$ 18,3 H^2O par Cl^2Ba	$\underset{++}{\mathrm{Ba}}$ 20,1 H^2O par Cl^2Ba	Rouyer.
$\underset{++}{\mathrm{Mg}}$ 20,3 H^2O par Cl^2Mg	$\underset{++}{\mathrm{Mg}}$ 22,6 H^2O par Cl^2Mg	Bourion et Rouyer.
$\underset{++}{\mathrm{Mg}}$ 19,2 H^2O par SO^4Mg	$\underset{++}{\mathrm{Mg}}$ 22,3 H^2O par SO^4Mg	Mlle Hun.

Voici, à titre de comparaison, les résultats obtenus par divers auteurs, en utilisant des principes différents :

Baborovsky, Velisck et Wagner [5], par transport des ions, ont trouvé en solution : 1,00 $x_{\underset{+}{K}} = 5^{mol}$ d'eau ; $x_{\underset{+}{Na}} = 8\text{-}9^{mol}$ d'eau ; $x_{\underset{+}{Li}} = 13\text{-}14^{mol}$ d'eau ; $y_{\underset{-}{Cl}} = 4^{mol}$ d'eau ; $y_{\underset{-}{Br}} = 3^{mol}$ d'eau ; $x_{\underset{+}{H}} = 1^{mol},06$ d'eau. Manchot, Jahrstorfer et Zepter (*loc. cit.*), en comparant la solubilité de C^2H^2 et de N^2O dans l'eau et les solutions d'électrolytes, ont trouvé à la concentration 1,00 $x_{\underset{+}{K}} = 5,6$; $x_{\underset{+}{Na}} = 8,9$; $y_{\underset{-}{Br}} = 2,2$ et $y_{\underset{-}{Cl}} = 3^{mol},1$ d'eau à 25°. $x_{\underset{++}{Ca}} = 14,6$, $x_{\underset{++}{Ba}} = 16,8$; $x_{\underset{++}{Mg}} = 13,0$. Enfin Bjerrum et Schreiner [6] ont trouvé, par des mesures de l'activité des ions, $x_{\underset{+}{H}} = 10$ à 11^{mol} d'eau. $x_{\underset{+}{Li}} = 6,5$ à $7,5$; $y_{\underset{-}{Cl}} = 2^{mol},5$ d'eau ;

(5) *J. Chim. Phys.*, **25**, 1928, p. 452-481.
(6) *Z. f. anorg. Chem.*, **109**, 1920, p. 275; **121**, 1922, p. 321; **135**, 1924, p. 333.

$y_{\overline{OH}} = 6,5$ à $7,0$; $y_{\overline{F}} = 6,5$. Nos résultats sont assez d'accord avec l'ensemble des précédents sauf pour l'ion $\overset{+}{H}$, où nous utilisons une méthode statique ainsi que Bjerrum, alors que Baborovsky utilise une méthode dynamique.

PHYSICOCHIMIE. — *Sur les propriétés spectrales ultraviolettes de l'acide salicylique en fonction du* pH. Note (¹) de Mlle **Henriette Schuhler**, présentée par M. Marcel Delépine.

A la suite de divers auteurs (Vlès, Gex, Molnar etc.) (²) et en suivant des principes analogues, nous avons entrepris d'étudier en fonction du pH les propriétés spectrales ultraviolettes des solutions aqueuses de l'acide salicylique. Cette recherche nous a montré, en première approximation, que, dans ces conditions, l'acide salicylique se comporte comme un système peut-être un peu plus compliqué que ne permettent de le prévoir les données purement électrochimiques.

Technique. — Nous avons préparé les solutions à partir d'un échantillon de salicylate de sodium, dont la pureté a été vérifiée par les techniques classiques. A partir d'une solution mère, nous avons fait des dilutions à 0,038 pour 1000, dont les pH ont été modifiés par addition d'acide chlorhydrique ou de soude. La mesure des pH a été faite au potentiomètre Chauvin-Arnoux avec galvanomètre à cadre mobile et, suivant les cas, avec l'électrode à hydrogène ou l'électrode à antimoine en différentiel. Les mesures spectrophotométriques ultraviolettes ont été effectuées suivant des techniques connues (³) avec des spectrophotomètres en quartz à diaphragme mobile sur le collimateur (appareil Pellin avec arc au mercure, appareil Jobin-Yvon avec lampe à hydrogène (⁴). Les épaisseurs ont toujours été de 1^{cm}, un témoin étant fait avec le solvant et, dans les pH élevés, avec des solutions sodiques de concentration comparable. Entre des concentrations d'acide salicylique étagées entre 4.10^{-4} et 1.10^{-5} gr. par litre, nous avons pu vérifier que la loi de Beer s'applique aux erreurs expérimentales près.

Aspect général. — Ainsi que l'ont vu différents auteurs (Hartley, Henri,

---

(¹) Séance du 3 mai 1937.

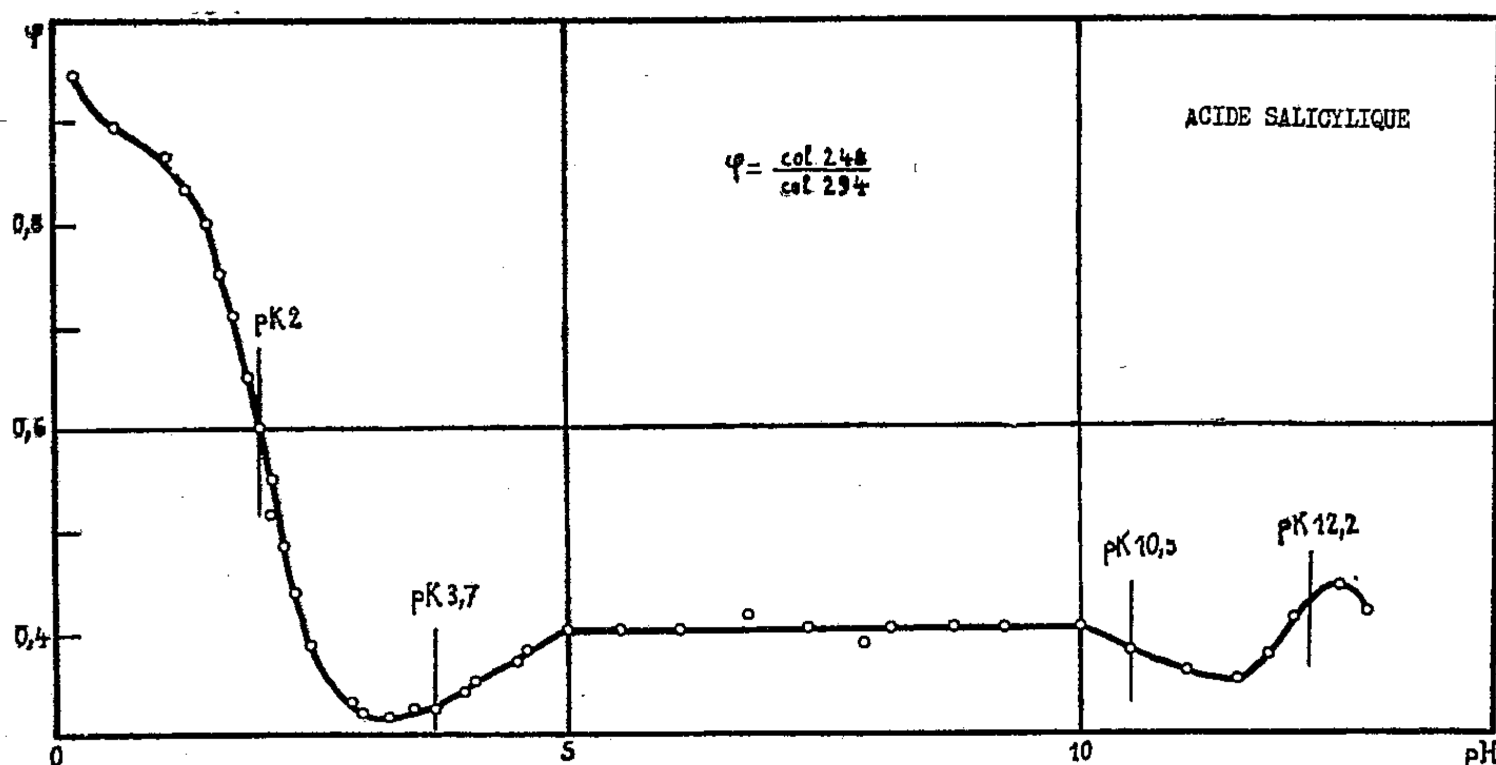
(²) M. Gex, *Comptes rendus*, 202, 1936, p. 2145.

(³) F. Vlès, *Arch. Phys. biol.*, 4, 1925, p. 221; 11, n° 2, 1934, p. 77.

(⁴) La lecture des clichés a été effectuée par Mlle Gex.

Castille et Klingstedt, Dubouloz etc.), le spectre de l'acide salicylique comprend trois bandes : l'une (I) au voisinage de $300^{m\mu}$, la seconde (II) vers $230^{m\mu}$, beaucoup plus élevée, et la troisième (III) provenant de l'ultraviolet éloigné. Nous avons porté notre étude en fonction du pH sur la bande I. Celle-ci se déplace entre 294 et $302^{m\mu}$ lorsque le pH baisse ; les constantes d'absorption subissent d'autre part des variations : alors qu'elles sont à peu près invariables entre pH 4,5 et 10, elles décroissent notablement au-dessous de la première limite et croissent beaucoup au-dessus de la dernière.

Pour analyser ces résultats, nous avons utilisé la méthode connue (Vlès) de la variation du rapport de deux colog. I/I_0, pris sur des longueurs d'onde différentes, exprimée en fonction du pH. Une courbe de ce type ($\varphi = \text{colog.}\,\lambda 248/\text{colog.}\,\lambda 294$) présente une portion parallèle aux abscisses entre pH 5 et pH 10, limitée à chaque extrémité par un minimum suivi d'un sommet (3,5 et 0,6 ; 11,5 et 12,4). Il y a donc quatre points



Variations du rapport $\varphi = \dfrac{\text{col. } 1/I_0\,(\lambda\, 248)}{\text{col. } 1/I_0\,(\lambda\, 294)}$ de l'acide salicylique en fonction du pH des solutions.

d'inflexion. La reconstitution de la courbe par le calcul nécessite dans ces conditions quatre constantes interprétables comme des pK, sur 2,0 ; 3,7 ; 10,5 et 12,2. Or les mesures classiques (Salm, Jones) [5] indiquent pour

(5) SCUDDER, *Conductivity and ionization constants of organic compounds*, New-York, 1914 ; KOLTHOFF, *La détermination colorimétrique de la concentration des ions hydrogène*, 3e édition, Paris, 1926.

la dissociation de la fonction acide du carboxyle de l'acide salicylique un pH de 2,9. Dans ces conditions, le rapport φ devrait donner une courbe d'acide monovalent, en forme d'S, à point d'inflexion voisin de 2,9. Nous trouvons ici deux constantes, 2,0 et 3,7, dont la constante électrochimique est approximativement la moyenne.

En faisant intervenir les dissociations du carboxyle et de la fonction phénolique, il est facile de prévoir *a priori* dans l'échelle des pH au moins quatre états successifs pour l'acide salicylique : aux pH bas le carboxyle et le phénol indissociés (A); puis le carboxyle dissocié alors que le phénol ne l'est pas (B); puis le carboxyle et le phénol dissociés (C); enfin, aux pH très élevés, et par effet homoionique de la soude ajoutée, l'apparition d'un phénate de soude indissocié (D) [et en outre peut-être celle du sel sodique indissocié du carboxyle (E)]. D'après l'ordre de grandeur de la constante homologue de l'acide phénique, les termes C et D correspondraient visiblement à pH 10,5 et 12,2; la forme B comprendrait donc le plateau entre pH 4,6 et pH 10. Il faudrait alors faire intervenir un cinquième état non prévu pour expliquer le dédoublement de la constante électrochimique en deux pK à 2 et 3,7. Si l'on admet, comme vraisemblable, que la dissociation du carboxyle est déjà sur pK 2, on pourrait supposer, en faisant appel à l'hypothèse qu'on a proposée pour l'acide phénique (6), que la dissociation de la fonction phénol est accompagnée d'une transformation hémiquinonique non simultanée, l'une des modifications étant ici régie par la constante 3,7 et l'autre par 10,5. Nous comptons voir par la suite si des mesures électrochimiques fines ne permettent pas de préciser les conclusions de l'étude spectrale.

CHIMIE MINÉRALE. — *Bleus de molybdène. Sur un acide phosphocéruléo-molybdique.* Note (1) de M. **Victor Auger** et Mlle **Nina Ivanoff**, présentée par M. G. Urbain.

Une étude expérimentale portant sur les modes de formation de l'acide phospho-conjugué céruléo-molybdique de G. Denigès (2) nous a permis d'obtenir un composé bleu appartenant au même groupe, mais dans lequel

(6) Heinrich, *Les théories de la Chimie organique*, 4e édition, Paris, 1925, p. 78; M. Gex, *loc. cit.*

(1) Séance du 3 mai 1937.

(2) *Comptes rendus*, 185, 1927, p. 777.

l'acide phosphorique est relié à 12^{at} de molybdène, probablement liés entre eux sous forme de 2^{mol} de bleu de molybdène Mo^6O^{17}, tandis que dans celui de Denigès il est relié à 2^{mol} de bleu Mo^5O^{14}, soit $PO^4H^3 . 2(Mo^5O^{14}) . 6H^2O$.

Acide phospho-duodéci-céruléo-molybdique $PO^4H^3(Mo^6O^{17})^2, nH^2O$. — On prépare une solution contenant environ 1 partie de MoO^3 en deux parties de ClH conc. 10^{cm^3} de cette solution additionnés de 4^{cm^3} de ClH concentré sont réduits par chauffage au bain-marie avec 2^g de poudre de molybdène; la solution rouge de $MoOCl^3$ est diluée à 24^{cm^3} par addition d'eau bouillie, et filtrée.

En mélangeant volumes égaux de la solution réduite et de la solution primitive, la liqueur présente la composition $2Mo^{VI} + 1Mo^{V}$, correspondant aux oxydes $4MoO^3Mo^2O^5$ ou Mo^6O^{17}. Sa coloration vert brunâtre vire au bleu foncé par addition d'une quantité de PO^4H^3 calculée pour avoir le rapport atomique de 1 partie pour 10 Mo. Laissée au repos pendant 24 heures, la solution laisse déposer une masse cristalline bleu foncé. Après essorage sur filtre en verre, elle est lavée à plusieurs reprises par du ClH à 20 pour 100 environ, bien froid, jusqu'à ce que l'acide de lavage coule presque incolore. On étale le produit lavé sur plaque poreuse et le sèche dans un dessiccateur en présence de NaOH en plaques, sous pression réduite. La poudre microcristalline bleu foncé obtenue a été soumise à l'analyse.

Calcination du bleu à 400°-450°. — $1^g,033$ fournit 0,899 de résidu. La perte $0^g,1345$ soit 13,0 pour 100, représente à la fois l'eau d'hydratation et l'eau de constitution, dont le départ ne peut être fait actuellement de façon suffisamment probante.

Dosages du molybdène total et du molybdène oxydable par le permanganate et considéré comme pentavalent (oxyde Mo^2O^5). — Permanganate 0,1 utilisé pour oxyder $0^g,343$ de bleu $6^{cm^3},9$. Après réduction de toute la solution à l'état trivalent, la réduction exige : $61^{cm^3},4$ de permanganate formule de l'oxyde $Mo^{6,17}O^{17,51}$ ou $(MoO^3)^{4,17}Mo^2O^5$. Aux erreurs d'analyse près, ces chiffres indiquent la présence dans la molécule du bleu Mo^6O^{17}.

Dosage du phosphore. — 1° Par précipitation de phosphomolybdate d'ammonium et calcination à 400°.

0,702 de bleu fournissent $0^g,615$ d'acide phosphomolybdique P pour 100 1,50. Rapport mol. $P/Mo = 1/12,1$.

2° Précipitation de phosphomolybdate d'ammonium, qui, après dissolution dans AmOH, fournit par la liqueur magnésienne PO^4AmMg qu'on calcine. $1^g,140$ de bleu donne 0,063 de $P^2O^7Mg^2$. P % = 1,540. Rapport mol. $P/Mo = 1/11,90$.

3° Enfin, en admettant que la calcination du bleu laisse un résidu de

même composition que le bleu phosphomolybdique, on trouve P % = 1,50, chiffre identique à 1°.

Nous pouvons ainsi établir sans doute possible la formule du bleu exprimée en oxydes par $P^2O^5 4(Mo^6O^{17})$, soit $PO^4H^3 2(Mo^6O^{17}), nH^2O$.

Nous ne donnons pas la teneur en eau de cristallisation, car, suivant le mode de dessiccation, elle a varié pour divers échantillons. Dans le produit qui a été soumis à l'analyse elle était d'environ 19. Les réactions qualitatives que nous avons effectuées avec le nouveau bleu sont les mêmes que celles du bleu de Denigès : solubilité dans l'éther de la solution fortement acidulée, passage dans l'eau pure du pigment dissous dans l'éther; formation de cristaux microscopiques d'aspect hexagonal par évaporation de cette solution sur un porte-objet; oxydabilité à l'air, etc.

Seule une étude approfondie permettra de faire ressortir des différences entre ces deux bleus phosphoriques.

Notons que, dans la préparation du bleu de G. Denigès, les rapports moléculaires de PO^4H^3 et du MoO^3 mis en œuvre sont d'environ 1 à 1,8, représentant plus de 5 fois la quantité de PO^4H^3 nécessaire à la formation d'un bleu déca-céruléo-molybdique, tandis que nous avons opéré avec un léger excès de PO^4H^3 sur la proportion de 1P : 12Mo. Il sera donc intéressant de comparer ces deux bleus à celui qui se forme dans le dosage colorimétrique de l'acide phosphorique, où les conditions de formation se rapprochent de celles de notre bleu duodécimolybdique.

MÉTALLURGIE. — *Sur la corrosion des bronzes de glucinium.* Note de M. **Haldun N. Terem.**

L'étude de la corrosion d'une série d'alliages *coulés* de Cu-Gl, de 0,5 à 10 pour 100 de glucinium, a été faite par la méthode de la perte de poids et par l'observation de la surface des éprouvettes après attaque.

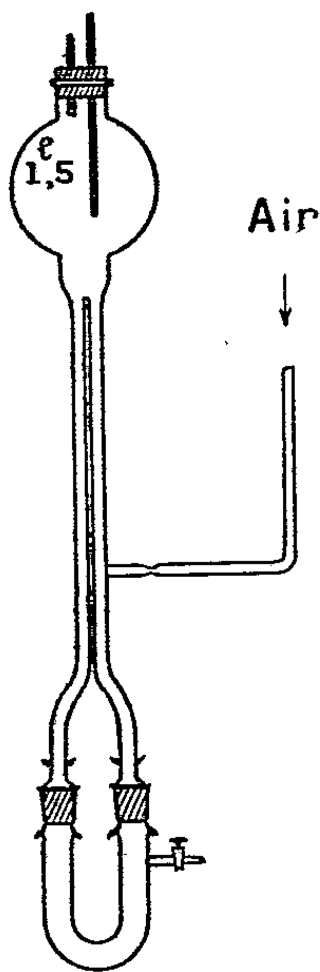
Nous avons employé l'appareil à circulation figuré ci-dessous, basé sur le même principe que celui de Thyssen et Bourdouxhe [1], et dont le tube en U, rôdé intérieurement, peut être enlevé pour recevoir l'éprouvette. Ce tube était plongé, pendant l'essai, dans un thermostat réglé à 20°.

Nous avons employé, comme liquides d'attaque, les acides chlorhydrique, sulfurique, nitrique, acétique, la soude et l'ammoniaque, à des

[1] *Rev. Univ. des Mines*, 7e série, 19, 1928, p. 63.

concentrations variant de 1 à 10 pour 100. La durée de chaque contact était de 24 heures. Un essai avec l'eau de mer artificielle d'une durée de 15 jours, fut également fait.

Le tableau suivant donne quelques résultats obtenus avec les réactifs



à 10 pour 100, les chiffres indiquant les pertes de poids en milligrammes par centimètre carré et par 24 heures :

Gl %.	HCl.	NO^3H.	SO^4H^2.	CH^3COOH.	NaOH.	NH^3.
0,5....	0,4	2,1	1,3	0,4	0,3	7,1
1......	1	1,1	1,2	0,3	0,2	5,3
2......	0,9	1,2	1,2	0,4	0,3	5,4
5......	0,9	307	1	0,2	0,2	3,7
10......	1	933	−0,14 (2)	0,1	0,3	2,9

Ces chiffres, et ceux obtenus avec d'autres concentrations des réactifs, confrontés avec l'examen de la surface des éprouvettes, permettent de conclure que :

1° C'est à l'action des acides chlorhydrique et acétique que les bronzes de glucinium résistent le mieux. L'augmentation de leur teneur en glucinium ne semble pas avoir d'influence sur l'importance de l'attaque.

---

(2) Augmentation de poids.

2° L'attaque par l'acide sulfurique est plus sensible, et se distingue par une action oxydante : des éprouvettes se recouvrent d'une couche d'oxyde rouge, assez adhérente. Mais cette action ne s'exerce pratiquement plus pour des teneurs relativement hautes en glucinium : l'éprouvette à 10 pour 100 reste presque intacte.

3° La résistance à l'acide azotique, à peu près du même ordre de grandeur que celle du cuivre, jusqu'à 2 pour 100 de glucinium, diminue énormément à partir de 5 pour 100.

4° La résistance à la soude est généralement du même ordre de grandeur qu'avec l'acide sulfurique, et il y a également oxydation, avec noircissement des éprouvettes. Mais tous les alliages subissent un maximum d'attaque dans la soude à 2,5 pour 100. Ce maximum, très net, diminue quand augmente la teneur en glucinium.

5° L'attaque par l'ammoniaque est sensible et semble diminuer avec l'augmentation de la teneur en glucinium.

6° Les alliages étudiés résistent bien à l'action de l'eau de mer artificielle. Ils gardent pratiquement leur poli, mais de légères piqûres apparues à la surface de l'alliage à 10 pour 100 de glucinium laissent des doutes quant à la conservation des propriétés mécaniques des alliages à haute teneur, qui n'offrent d'ailleurs pas d'intérêt au point de vue industriel.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur la formation d'ammoniac par ébullition de quelques protéines avec des solutions alcalines de potasse.* Note de M. **Georges Laude**, présentée par M. Richard Fosse.

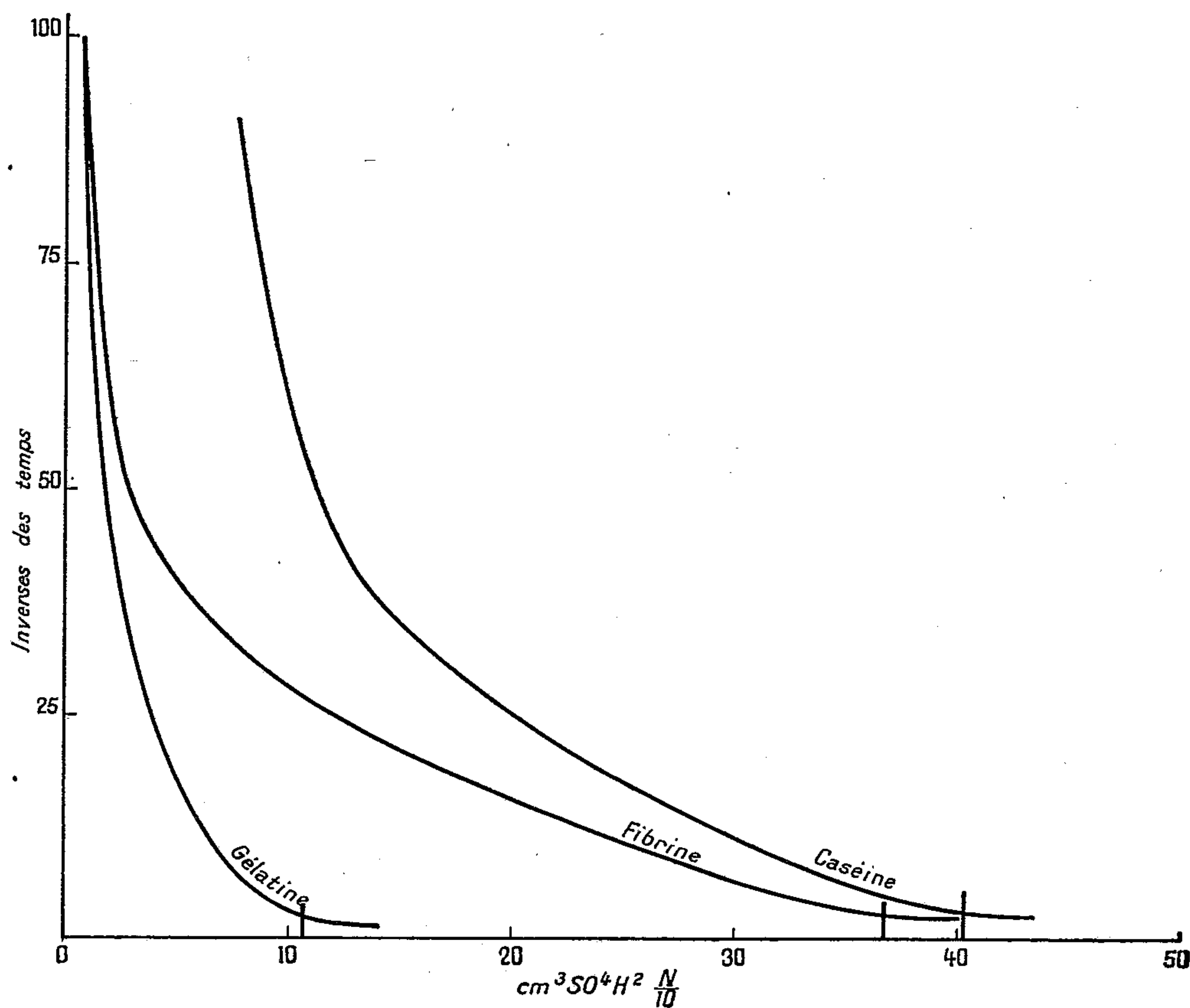
1. Les protéines traitées par des solutions alcalines de potasse sont hydrolysées avec formation de nombreux composés. Parmi ceux-ci, nous avons pensé que le gaz ammoniac, facilement éliminable au fur et à mesure de sa formation, pouvait servir à suivre le phénomène de la dislocation de la molécule.

2. Pour atteindre ce but, nous avons réalisé l'hydrolyse à l'ébullition en opérant dans un appareil à doser l'ammoniaque de Vigreux et dosé le gaz libéré selon la méthode classique. Une grosse difficulté expérimentale est la formation de mousse qui gêne et empêche même parfois de poursuivre la distillation. Nous avons évité cet écueil en choisissant des proportions convenables de protéines et de solutions alcalines et dans certains cas en réalisant la distillation en présence d'huile de vaseline.

3. Cette étude a été faite pour les protéines suivantes : gélatine, caséine, fibrine. Les tableaux ci-dessous indiquent les conditions expérimentales adoptées ainsi que les quantités d'acide sulfurique N/10 nécessaires pour neutraliser l'ammoniaque recueillie en fonction du temps.

Conditions expérimentales.

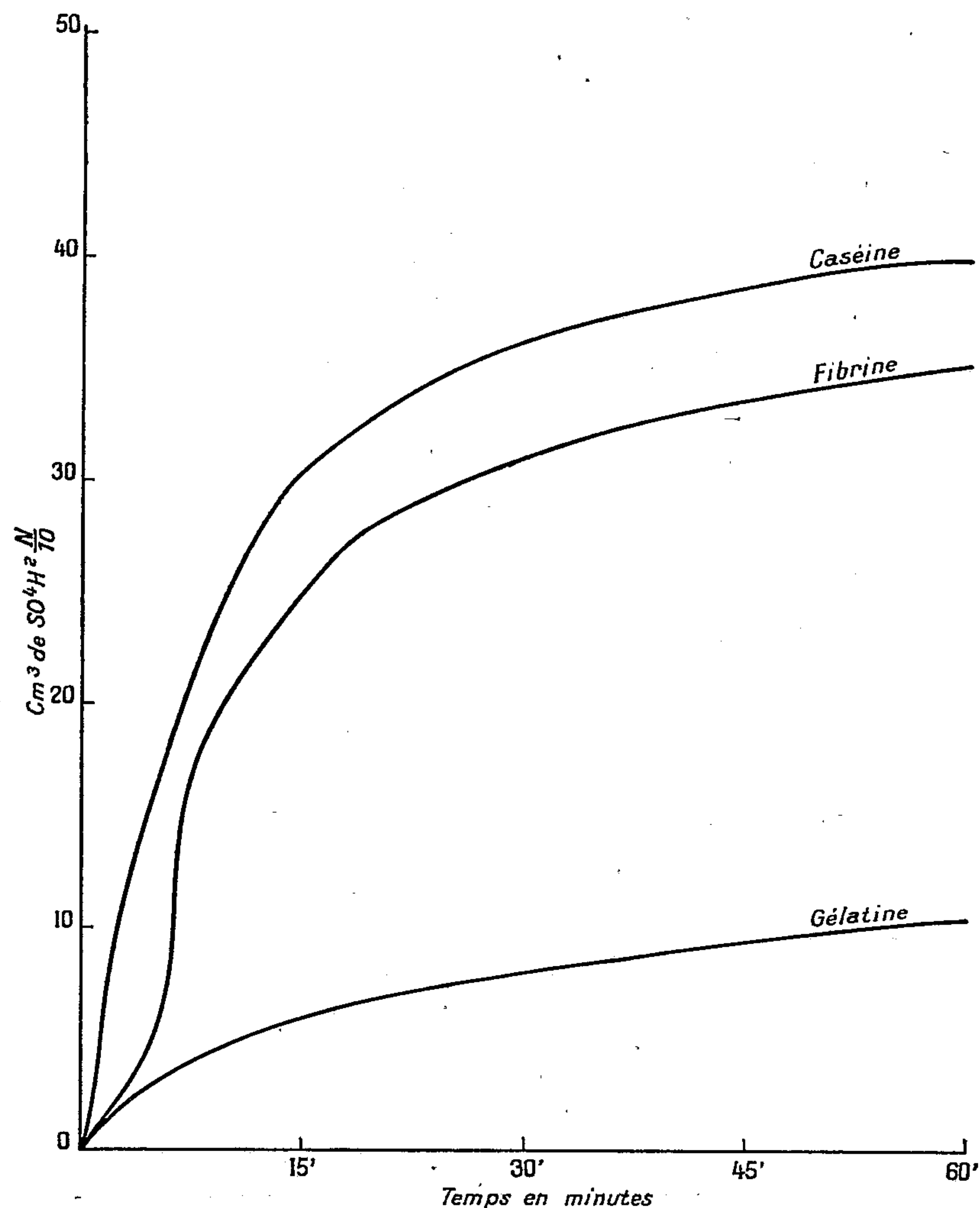
Poids de protéine mis en expérience..........................	3^g
Volume de solution de potasse normale utilisé..................	150^{cm^3}
Poids de ponce granulée....................................	$0^g,5$ (env.)
Volume d'huile de vaseline utilisé (*dans le cas de la caséine*).....	25^{cm^3} (env.)



A. *Courbes obtenues en portant en abscisses les nombres de centimètres cubes de* SO^4H^2 N/10 *et en ordonnées les inverses des temps.*

4. Ces résultats ont permis la construction des deux réseaux de courbes A et B.

L'expérience montre que, quelle que soit la durée de nos distillations, il y a toujours dégagement d'ammoniac. Mais l'examen des résultats classés dans les tableaux et des courbes qui les représentent, montre un changement d'allure très net dans celle-ci après une durée de distillation de



B. *Courbes obtenues en portant en abscisses les temps et en ordonnées les nombres de centimètres cubes de* SO^4H^2 N/10.

l'ordre de *une heure*. Il est vraisemblable que l'ammoniac dégagée pendant cette période correspond à l'hydrolyse de la molécule de protéine, tandis que l'ammoniac qui se dégage ensuite est engendrée par la démolition des produits formés au cours de la première hydrolyse.

Alors que la teneur en azote total des différentes protéines est sensiblement du même ordre de grandeur, les courbes précédentes montrent que l'élimination d'une partie de cet azote sous la forme ammoniacale fait déjà apparaître un caractère différentiel entre ces composés.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Synthèse de la cyanamide par oxydation, en présence d'ammoniac, de quelques sucres, lévulose, arabinose, mannitol et glycérol.* Note de M. **Roger de Larambergue**, présentée par M. Richard Fosse.

La synthèse de la cyanamide a pu être réalisée par oxydation ammoniacale du formol [R. Fosse et P. de Graeve ([1])] et de l'aliment carboné que nous consommons le plus abondamment, le *glucose* [R. Fosse et R. de Larambergue ([2])].

Cette dernière synthèse révèle, sans doute, la genèse jusqu'ici inconnue d'importants principes naturels, qui ont pu être reproduits artificiellement grâce à la cyanamide. Qu'il nous suffise de citer la *créatine* des muscles et l'*arginine*, constituant de tous les protides.

Dans cette Note nous nous proposons de démontrer que le *lévulose*, l'*arabinose*, la *mannitol* et le *glycérol* donnent naissance à la cyanamide, si, dans des conditions expérimentales convenables, on les soumet à l'action du permanganate de potassium, en milieu ammoniacal.

Dans les expériences que nous décrivons aujourd'hui, comme dans celles déjà publiées sur le glucose ([2]), la cyanamide ne se trouve pas à l'état libre, mais sous la forme d'une combinaison de nature inconnue.

1. *Oxydation du lévulose, de l'arabinose, du mannitol et du glycérol.* — Le mode opératoire suivi diffère de celui de l'oxydation du glucose ([2]) par la suppression de la défécation de la liqueur d'oxydation à l'aide de nitrate de calcium. En voici d'ailleurs la description.

Mode opératoire de l'oxydation. — Introduire rapidement, en agitant et refroidissant, le permanganate de potassium pulvérisé (40^g), dans une solution contenant la matière à oxyder (10^g), de l'ammoniaque concentrée (40^{cm^3}), et de l'eau en quantité suffisante pour former un volume de 200^{cm^3}. L'oxydation ne dure que 3 à 4 minutes et la température maximum atteint 70° à 75°.

2. *Isolement de la cyanamide à l'état de combinaison argentique.* — Cen-

([1]) *Comptes rendus*, 202, 1936, p. 789.
([2]) *Comptes rendus*, 204, 1937, p. 1285.

trifuger à grande vitesse le produit brun épais de l'oxydation; à la liqueur obtenue ajouter successivement son demi-volume de liqueur titrée $2n$ de nitrate d'argent puis de potasse; centrifuger et laver à l'eau le dépôt brun. Celui-ci traité, aussitôt après sa préparation rapide, par de l'acide nitrique dilué refroidi, donne une solution ne produisant pas de précipité jaune de cyanamide d'argent. Abandonné à la température du laboratoire plusieurs jours, ou soumis, 10 minutes, à l'action d'un bain d'eau en ébullition, puis traité par de l'acide nitrique n, dans la glace, il cède à ce réactif de la cyanamide, précipitable par l'ammoniaque concentrée en flocons volumineux, abondants, jaunes, de CN^2Ag^2.

3. *Dosage de la cyanamide.* — Nous avons suivi la méthode de R. Fosse, Ph. Hagene et R. Dubois ([3]), basée : 1° sur la transformation intégrale de la cyanamide, libre ou argentique, en urée par l'action des acides minéraux dilués, tels que les acides n ou $2n$, vers 50° à 55°



$$CN.NH^2 + H^2O = NH^2.CO.NH^2;$$

2° sur le dosage pondéral de l'urée, ainsi formée, à l'état de sa combinaison dixanthylée, dont le poids moléculaire (420) est 10 fois supérieur à celui de la cyanamide (42).

Mode opératoire. — Chauffer, avec $HCl\,n$ (6cm³), le sel argentique jaune insoluble dans l'ammoniaque concentrée, obtenu par la technique ci-dessus décrite, aux dépens de 20cm³ de la liqueur d'oxydation correspondant à 1g de matière. Refroidir le tube à centrifuger, alcaliniser son contenu en présence de phtaléine par de la lessive de soude concentrée, lui ajouter de l'acide acétique cristallisable (6cm³), triturer, centrifuger et filtrer dans une éprouvette graduée, laver par centrifugation le dépôt avec de l'acide acétique cristallisable (6cm³), puis de l'acide acétique à 66 pour 100, ajouter au volume obtenu (20 à 25cm³), 1/20e de solution alcoolique de xanthydrol à 1/10e. Le poids d'urée xanthylée recueilli, divisé par 10, représente la cyanamide contenue dans le précipité argentique.

Substance oxydée.	Xanthylurée pour 1g de substance.	Cyanamide formée pour 100g de matière oxydée.
	g	g
Lévulose	0,08	0,8
Arabinose	0,039	0,39
Mannitol	0,02	0,2
Glycérol	0,0264	0,264

([3]) *Comptes rendus*, 179, 1924, p. 214 et 408; R. Fosse, *L'Urée*, Paris, 1928, p. 42.

GÉOLOGIE. — *Sur les brèches et conglomérats des environs de Rochechouart (Haute-Vienne).* Note de M. **François Kraut**.

On rencontre aux environs de Rochechouart de nombreux affleurements de brèches et de conglomérats auxquels les anciens auteurs attribuaient une origine volcanique ([1]). L'extension de ces roches est assez considérable : certains îlots atteignent une surface de 5-6$^{km^2}$. Considérées comme faisant partie d'une seule formation, elles ont été désignées sous le terme de « conglomérats permiens » sur la feuille de Rochechouart de la carte géologique au 80000e. L'étude que nous avons entreprise montre qu'il s'agit en réalité d'un ensemble constitué par des éléments très variés et que les divers types qu'on y distingue ont dû se former dans des conditions différentes.

Brèches tectoniques de Rochechouart-Pressignac. — Ces brèches sont formées par des débris du substratum sur lequel elles reposent directement. On les trouve ainsi en bandes parallèles alternant avec des parties intactes de la roche mère.

Cimentés sur place, les fragments constituant ces brèches se touchent directement ou ne sont séparés que par des portions extrêmement réduites d'un liant résultant de l'écrasement et de la décomposition des éléments clastiques. L'examen microscopique permet de reconnaître ces fragments comme provenant d'une série gneissique assez variée dans laquelle on constate la présence d'un gneiss syénitique presque entièrement dépourvu de quartz et très riche en micas. A côté de ces fragments s'en trouvent quelques autres, en quantité beaucoup moindre, formés ceux-ci d'un granite monzonitique.

Les autres types que nous avons étudiés posent des problèmes beaucoup plus compliqués, leurs constituants provenant de différents éléments lithologiques et plusieurs phases de la géologie régionale ayant contribué à leur formation.

Conglomérats sédimentaires bleus de Chassenon ([2]). — Rappelons-en ici brièvement les caractères essentiels.

Cimentés par une masse bleue, extrêmement dure, très riche en chlo-

---

([1]) Ph. Glangeaud, *Bull. Service de la Carte géologique*, 20, 1910, p. 93.

([2]) *Comptes rendus*, 201, 1935, p. 221.

rites, ces conglomérats renferment des fragments dont les dimensions varient de débris microscopiques à des blocs atteignant plusieurs décimètres cubes. D'après leurs formes et leur nature lithologique nous pouvons classer ces fragments en trois groupes.

1° *Éléments d'origine tectonique.* — De formes anguleuses, ces éléments présentent des faces parfaitement planes, cependant parfois striées (miroirs de faille). Ils proviennent, pour une partie, des terrains en affleurement aux alentours, le reste étant constitué par des roches dont nous ne retrouvons pas la présence dans la région en dehors de ces conglomérats (grès et pelites micacées).

2° *Éléments d'origine volcanique.* — Ces éléments, très répandus, comprennent des débris de rhyolite, d'andésite, des ponces et une grande quantité de produits vitreux de couleur verte, parfois jaune et même incolore.

3° *Galets roulés.* — Bien que beaucoup moins nombreux que les précédents, ces éléments sont d'une très grande importance pour l'explication de l'origine de nos conglomérats. Ils apportent, en effet, la preuve certaine d'une formation sédimentaire. D'un diamètre moyen de 10^{cm}, ces galets proviennent, en grande partie, des filons de microgranite qui traversent le substratum cristallophyllien.

Conglomérats sédimentaires rouges de Saint-Gervais-Montoume. — Ces conglomérats sont cimentés par une matière compacte qui apparaît au microscope comme une substance amorphe avec d'innombrables taches rouges ferrugineuses et très riche en silice d'origine secondaire.

Les éléments clastiques sont, en grande partie, constitués par des grès ferrugineux à texture rubanée et des schistes rouges dont nous ne connaissons pas d'affleurement en place dans la région.

A côté de ces fragments, tous à faces planes, s'en trouvent d'autres, de formes quelconques, originaires des masses intrusives et des filons voisins.

En outre, quelques galets roulés soulignent l'origine sédimentaire de la formation. Toutes ces roches, schistes et fragments granitiques, ont une teinte rouge due à la présence du mica-biotite, lequel, par suite de sa décomposition partielle, s'est recouvert d'une couche ferrugineuse.

Un grand nombre des fragments sont entourés d'une matière rouge ayant l'aspect de la silice amorphe. Cette matière se trouve également en lambeaux isolés dans le conglomérat. L'étude au laboratoire permet de supposer que nous avons affaire à un produit vitreux d'origine volcanique.

Son indice de réfraction, mesurée par la méthode de l'immersion, est de 1,529. Elle est optiquement isotrope. L'analyse thermique différentielle montre l'absence, dans cette matière de corps argileux; les courbes de déshydratation ne présentent qu'un faible crochet endothermique à 600°; elles ont du reste l'allure de celles obtenues avec des verres artificiels. On observe au microscope de nombreuses fissures capillaires bordées de bandes rouges; la couleur de la substance est due à l'infiltration de solutions riches en fer.

Conclusions. — Il convient de séparer en deux groupes distincts les brèches et conglomérats des environs de Rochechouart : 1° *Brèches tectoniques* (Rochechouart-Pressignac); 2° *Conglomérats sédimentaires* (Saint-Gervais-Montoume, Chassenon).

Les éléments constituants de ces formations comprennent, en grande partie, des matériaux d'origine tectonique provenant de mouvements anciens ayant affecté le socle cristallin et aussi des mouvements plus récents ayant intéressé les sédiments primaires superposés à ce socle. A ces matières transportées vraisemblablement à faible distance de leur lieu d'origine, s'ajoutent des galets roulés ainsi que des débris de roches d'origine certainement volcanique.

GÉOLOGIE. — *Observations sur le littoral portugais entre l'embouchure de la rivière d'Odesseixe et celle du Rio Mira.* Note de MM. **Antonio de Medeiros Gouvêa et Georges Zbyszewski.**

Au cours de récentes recherches effectuées sur la Côte au sud de la rivière d'Odesseixe, nous avions retrouvé plusieurs affleurements importants de dune tyrrhénienne signalés par M. Jacques Bourcart au voisinage du Cap Saint-Vincent. Il nous est maintenant possible de signaler deux autres points qui nous paraissent particulièrement intéressants.

A la pointe de Cabeça Gorda, sur le parallèle de S. Teotonio, la dune consolidée couronne toute la falaise carbonifère, dominant la pénéplaine côtière légèrement inclinée vers la mer.

Très dure, elle présente plusieurs niveaux dont certains, plus compacts, sont exploités par les habitants pour la fabrication de meules. Sa surface est corrodée en lapiés, recouverts en partie par la dune meuble actuelle.

La coupe de la falaise est la suivante, du sommet à la base :

a. Dune meuble actuelle à l'altitude $+74^{m}$; *b. dune consolidée* (puissance 3^{m}) sculptée en lapiés à la surface; *c. grès à ciment ferrugineux* (faciès sidérolitique;

d. sables et grès ferrugineux; e. sables bien stratifiés blancs grisâtres avec minces niveaux de grains agglomérés par de l'oxyde de fer; *f. sables jaunes* avec niveaux de cailloux roulés à la base; *g. niveau de galets* (quartz, schistes carbonifères, quartzites); *h. schistes carbonifères plissés*

Le niveau de galets *g* se poursuit sur près de 1^{km} et disparaît au voisinage de la plage Zambugeira à 64^{m} d'altitude. Il s'abaisse légèrement du Nord vers le Sud. En plusieurs points, les galets sont cimentés en un véritable poudingue par un ciment d'oxyde de fer.

Sur la plage de Villa Nova de Milfontes, nous avons observé un très curieux accident, d'âge très récent, qui a provoqué l'affaissement de toute l'embouchure du Rio Mira. D'une part, les terrasses visibles à $+8^{m}$ d'altitude au Fort de Villa Nova et plus à l'Est, à la sortie de la localité, à $+30^{m}$, sont inclinées vers la mer, d'autre part, la dune consolidée à la pointe du Sémaphore plonge dans la mer qui l'a sculptée en un lapiés de toute beauté qui découvre en partie à marée basse.

La dune consolidée, qui paraît supporter un premier niveau de galets au voisinage de l'estuaire, recouvre un deuxième niveau bien visible sur la plage et repose directement sur les schistes plissés du Carbonifère.

Ce dernier niveau de galets passe rapidement du niveau de la plage à l'altitude $+5^{m}$, puis atteint $+15^{m}$ sur une plage située à un kilomètre au nord du Sémaphore. En ce dernier point, il est fortement cimenté par l'oxyde de fer.

Dans le talus de la plage de Villa Nova, au-dessous du Sémaphore, on observe un accident orienté sensiblement W 20° N qui abaisse jusqu'au niveau de la plage les couches supérieures de la falaise.

Celles-ci se relèvent progressivement vers le Nord, où la falaise offre la coupe suivante :

a. Terre meuble, $1^{m},60$; *b. dune consolidée*, peu épaisse à nombreuses coquilles d'*Helix*; *c. sables jaunes* avec niveaux de sables agglomérés par ciment ferrugineux, 2^{m}; *d. Sables blancs* ou gris légèrement marneux, 4^{m}; *e. sables jaunes* ou blancs avec niveaux de cailloux roulés, 2^{m}; *f. niveau de gros galets* (1^{m}) cimentés en plusieurs points par de l'oxyde de fer; *g. schistes carbonifères plissés.*

Ces observations apportent une preuve de plus à l'hypothèse de mouvements quaternaires récents sur la côte portugaise sud-occidentale. Ces mouvements, qui ont pour résultat actuel de provoquer une flexure du littoral vers la mer, *se produisent avec une efficacité différente suivant les*

points considérés. Il semble que l'embouchure du Rio Mira ait été, en plus de ce mouvement général, affectée d'un mouvement local dont les causes doivent être recherchées dans la tectonique de la région.

GÉOLOGIE. — *Sur quelques niveaux à Foraminifères du Crétacé de l'Aurès (Algérie)*. Note (¹) de M. **Robert Laffitte**, présentée par M. Charles Jacob.

Dans le Crétacé à faciès néritique d'Algérie, les Mollusques et Échinides abondent, et ce sont eux qui ont surtout attiré l'attention des auteurs. Les Foraminifères, quoique plus rares, permettent cependant, dans la région que j'étudie, quelques remarques dont certaines d'une portée générale.

A. Orbitolines. — En Afrique du Nord, les Orbitolines n'ont été signalées jusqu'ici que dans le Crétacé inférieur, et encore les seuls niveaux où elles ont été recueillies en abondance sont-ils aptiens; dans l'Albien, elles sont toujours rares et leur âge n'a pu être établi avec certitude et précision. Dans l'Aurès, j'ai reconnu leur présence à plusieurs niveaux du Crétacé inférieur et aussi dans le *Cénomanien*.

I. *Crétacé inférieur*. — 1° Elles existent, rares il est vrai, dans l'Aptien inférieur (Bedoulien) de Tarhit Zidane à *Parahoplites Deshayesi* Leym.

2° Elles sont abondantes dans l'Aptien supérieur (Gargasien) qui présente des faciès récifaux à Rudistes : *Toucasia santanderensis* H. Douv. et *Polyconites Verneuilli* Bayle. C'est d'ailleurs à ce niveau qu'elles sont fréquentes dans toute l'Afrique du Nord et particulièrement dans l'Atlas saharien où elles ont été signalées par tous les auteurs depuis Coquand, en particulier par Péron, Pervinquière, MM. Joleaud et Savornin.

Les Orbitolines de ces deux niveaux sont identiques; elles ont été désignées par les auteurs indifféremment sous les noms de *O. lenticularis* Blum. et *O. discoideaconoïdes* A. Gras, quoique, d'après Douvillé, ces noms s'appliquent à des couples différents.

3° Des calcaires à Orbitolines se développent aussi dans le Vraconnien de l'Aurès : aux environs d'Iguelfène, se trouvent de puissants bancs de calcaires à Lithothamniées, et les Orbitolines y sont aussi abondantes que dans les calcaires à faciès urgonien de l'Aptien sous-jacent.

Ce niveau est celui que j'avais qualifié de Vraconnien (²). M. Breistroffer, qui a étudié la série de fossiles beaucoup plus complète que j'ai recueillie depuis dans le même gisement, a montré qu'il s'agissait à peu près exactement du niveau principal de la Perte du Rhône, c'est-à-dire de la zone VI*a* de M. Ch. Jacob (Vraconnien inférieur).

(¹) Séance du 3 mai 1937.
(²) *Comptes rendus*, 198, 1934, p. 191.

II. *Cénomanien*. — 1° Dans le Cénomanien de l'anticlinal de l'Ahmar Khaddou, bien caractérisé par sa faune habituelle d'Ostracés, d'Echinides et de Céphalopodes, à environ 3^{km} au Sud-Est de la cote 1931 (Irfen n'Taktiout), j'ai recueilli, dans un banc de la partie moyenne de cet étage, des Orbitolines, les unes petites (5^{mm}) et coniques, les autres à peu près planes et atteignant 10 à 15^{mm}; il s'agit du couple *O. conicaplana* d'Arch.

2° Au Dj. Refâa, à environ 1000^{m} au Sud de la cote 2170, dans les couches légèrement dolomitiques qui terminent le Cénomanien supérieur à Acanthocératidés, j'ai récolté de très grandes Orbitolines, que malheureusement on ne peut pas dégager, mais qu'à cause de leur forme toujours mince et de leur grande taille, je rattacherai à *O. concava* Lmk.

Ph. Thomas avait considéré que le faciès à Orbitolines qu'il ne connaissait pas en Tunisie pouvait y être représenté par les couches à *Thomasinella punica* Schlum. qu'il a découvertes. Or ce Foraminifère abonde aussi dans le Sud-Ouest de l'Aurès, mais je ne l'ai jamais trouvé dans les mêmes bancs que les Orbitolines. Les deux genres ont donc dû vivre dans des milieux différents et les deux faciès ne sont pas absolument équivalents.

B. Orbitoïdes. — Les Orbitoïdes sont rares dans le Crétacé de l'Afrique du Nord; une seule espèce est fréquente : *O.* (*Orbitella*) *Tissoti* Schlum., dont le type a été décrit d'après un échantillon recueilli par Tissot dans le Sud du département de Constantine, malheureusement sans indication de niveau. Je l'ai retrouvée dans tout le Sud de l'Aurès, toujours abondante dans des calcaires à Bryozoaires appartenant certainement au Maestrichtien inférieur, car ils m'ont fourni *Libycoceras Ismaelis* Zit. et *Bostrychoceras polyplocum* Roemer.

H. Douvillé, dans plusieurs de ses publications depuis 1910 ([3]), considère cette espèce comme très près du « point d'origine des Orbitoïdes » et il l'attribue au Campanien inférieur. Cette dernière affirmation est basée sur la présence de ce fossile du Dj. Bliji, à un niveau attribué à l'Aturien inférieur. Or, à cet endroit, H. Douvillé signale lui-même *Libycoceras Ismaelis* dans les couches à Orbitoïdes, ce qui permet d'affirmer qu'elles appartiennent en réalité au Maestrichtien. On constate d'ailleurs, en étudiant les coupes où ce fossile est cité, que, toujours, comme dans l'Aurès, il se rencontre dans le Maestrichtien inférieur.

C. Dictyoconus. — De nombreux Foraminifères à rapporter à ce genre se trouvent dans le Maestrichtien de Djellal avec *O. Tissoti*.

En résumé : *a*. Des niveaux à Orbitolines existent dans l'Aurès, non seulement dans l'Aptien, ce qui est fréquent, et dans l'Albien, mais aussi dans le Cénomanien où jusqu'ici ils étaient inconnus en Afrique du Nord.

b. Le fait qu'*Orbitoides Tissoti* n'est pas d'âge campanien montre que, dans l'état actuel de nos connaissances, les Orbitoïdes ont apparu à la surface du globe au Maestrichtien seulement. Un seul autre fossile *Orbitoides Vredenburgi*, décrit dans l'Inde par H. Douvillé, a été considéré par

([3]) *Bul. Soc. Géol. Fr.*, 4e série, 10, p. 646-659.

lui comme d'âge campanien à cause de ses analogies avec *O. Tissoti*, mais sans argument stratigraphique précis.

c. Dictyoconus, genre éocène, n'était encore connu dans le Crétacé que par un échantillon unique recueilli par M. F. Daguin ([4]) dans le Maestrichtien à *O. Tissoti* du Zerhoun au Maroc. Il existe en abondance dans l'Aurès.

GÉOLOGIE. — *Sur le Crétacé du Bas-Laos.*
Note de M. **Josué-Heilmann Hoffet**, présentée par M. Charles Jacob.

J'avais signalé ([1]) la découverte du Crétacé en Indochine. Il s'agissait d'une faune de Sauriens et de Lamellibranches trouvée dans le Bas-Laos aux environs de Muong Phalane. Les déterminations n'étaient que provisoires, ayant été faites à la colonie avec une documentation incomplète. Un séjour en Europe et la publication de récentes études japonaises m'ont permis de préciser cette intéressante question.

La faune se compose d'ossements appartenant au grand groupe des Dinosauriens. Ils se répartissent comme suit.

Saurischia. — A cet ordre doit être rapporté un fragment qui représente la partie postérieure d'un iléon, depuis la courbure supérieure jusqu'à la naissance du pédoncule ischiatique. Ce sont les dimensions exceptionnelles de ce fragment, ainsi que la forme particulière de la courbure supérieure et la section au-dessus du pédoncule qui permettent de rapprocher cet os du genre *Titanosaurus* qui vivait en Angleterre, en France, aux Indes et en Amérique du Sud, depuis le Wealdien, probablement, jusqu'au Danien. Cet os avait été attribué dans la première Note au genre *Camarasaurus*.

Ornithischia. — A cet ordre des Dinosauriens se rattache une base de fémur qui appartient indubitablement au genre *Mandchurosaurus*, de la famille des Ornithopodes (Hadrosaures). Elles est caractéristique par deux condyles antérieurs qui entourent une profonde gouttière creusée dans le corps même de l'os. Dans les formes juvéniles cette gouttière devait être un véritable foramen. D'autres ossements tels que des vertèbres, des côtes, un fragment de scapula, etc., appartiennent également à ce genre. *Mandchurosaurus* a été trouvé dans le Sénonien de Mandchourie et dans le désert de Gobi.

([4]) *Serv. des Mines et de la Carte géol. du Maroc.* Notes et Mém., 1927, p. 261.

([1]) *Comptes rendus*, 202, 1936, p. 1867.

Un fragment d'os peut être rapproché d'une plaque dermique telle qu'on les connaît chez les Stégosaures, sans qu'il soit possible de préciser davantage.

M. von Huene, à qui j'ai présenté mes récoltes, y voit, outre les formes déjà citées, deux autres espèces qu'il est impossible de déterminer, les pièces trouvées n'étant pas assez caractéristiques.

A côté de cette faune de Vertébrés, j'avais indiqué la présence de Lamellibranches. Ils appartiennent à des genres nouveaux récemment décrits par Kobayashi et Suzuki [2] dans des terrains de Corée qu'ils placent à la limite du Jurassique et du Crétacé. Il s'agit d'une faune saumâtre avec formes marines et d'eau douce spécialement adaptées à ce nouveau milieu. Des espèces du Bas-Laos, trois appartiennent au genre *Trigonoides*, une au genre *Plicatounio*. Le genre *Trigonoides* offre un intérêt particulier au point de vue de la phylogénie des Trigonies et de leur parenté avec les Unionidés qui sera mise en lumière dans une prochaine Note. La description de cette faune paraîtra incessamment.

Quant à l'âge de ces formations, il est indiqué avec certitude par les restes de *Mandchurosaurus*, genre connu uniquement au Sénonien. Les Lamellibranches ayant été trouvés en partie dans le même gisement sont donc datés par lui.

En résumé le *Crétacé* du Bas-Laos est formé par des terrains saumâtres et lagunaires qui devaient se trouver en bordure d'un golfe marin situé sur l'emplacement actuel du Siam.

La coupe en est la suivante :

Quaternaire	Bassin lacustre de Keng Kok et latérite ancienne.
Crétacé (*Sénonien*)...	Grès blanc avec intercalation de lentilles de gypse. Terrain rouge salifère. Grès rouge et terrain rouge avec *Mandchurosaurus*, *Titanosaurus*, *Trigonoides* et *Plicatounio*.
Lias	Grès et conglomérat de base connu en Indochine sous le nom général de *grès et poudingues supérieurs*. Terrain rouge et grès avec intercalations de calcaires à *Lepidotus*, *Gervillia* et *Spongiomorphides*.

(2) *Japanese Journal of Geology and Geography*, 13, nos 3 et 4, p. 243, Tokyo, octobre 1936.

Ses limites dans l'espace sont au Sud la Chaîne des Dangrek, le Massif des Bolovens, au Nord la Chaîne du Pou Song Hé, à l'Est les falaises de grès supérieurs. Sa faune à des affinités avec celles de l'Amérique du Sud, des Indes et de la Chine.

MÉTÉOROLOGIE. — *Signification des mesures relatives à la quantité de poussières ou fumées présentes au niveau du sol.* Note (1) de M. **Lévi Herman** et de Mme **Renée Herman-Montagne**, présentée par M. Charles Maurain.

L'appareil à filtration de M. Owens a été utilisé pour mesurer d'une manière quasi continue, à l'Institut de Physique Générale de l'Université de Lyon, la quantité de poussières présentes dans l'atmosphère inférieure, pendant une période annuelle s'étendant sur les années 1935 et 1936 (2). De telles déterminations ont une importance pratique considérable, mais ne renseignent pas directement sur les causes réelles de la pollution de l'air au voisinage du sol ni sur l'origine des variations observées.

Les courbes représentant les valeurs moyennes horaires (courbes moyennes journalières) sont caractérisées par deux maxima; le plus important s'observe le matin entre 7 et 9 heures et l'autre, beaucoup moins accentué, a lieu le soir entre 18 et 20 heures. Nos déterminations montrent que l'écart horaire D de ces deux maxima varie régulièrement au cours de l'année; sa valeur moyenne, égale à 11,9 heures, est voisine de la durée moyenne d du jour, entre le lever et le coucher du Soleil. D'ailleurs, il existe manifestement une relation étroite entre D et d; le coefficient de corrélation, déduit des valeurs moyennes mensuelles, a été trouvé égal à 0,87. Ce résultat montre que la position horaire des maxima de poussières est fortement influencée par les conditions météorologiques saisonnières. En première approximation, nos observations sont représentées par la formule $D = d/3 + 7,9$.

Les courbes de la période d'été présentent encore un maximum secondaire, beaucoup plus faible que les précédents, apparaissant entre 3 et 5 heures, et coïncidant souvent avec le lever du Soleil. Il est possible que ce maximum, attribué tout d'abord à une cause purement locale (passage de nombreux trains dans une gare située à proximité de la station

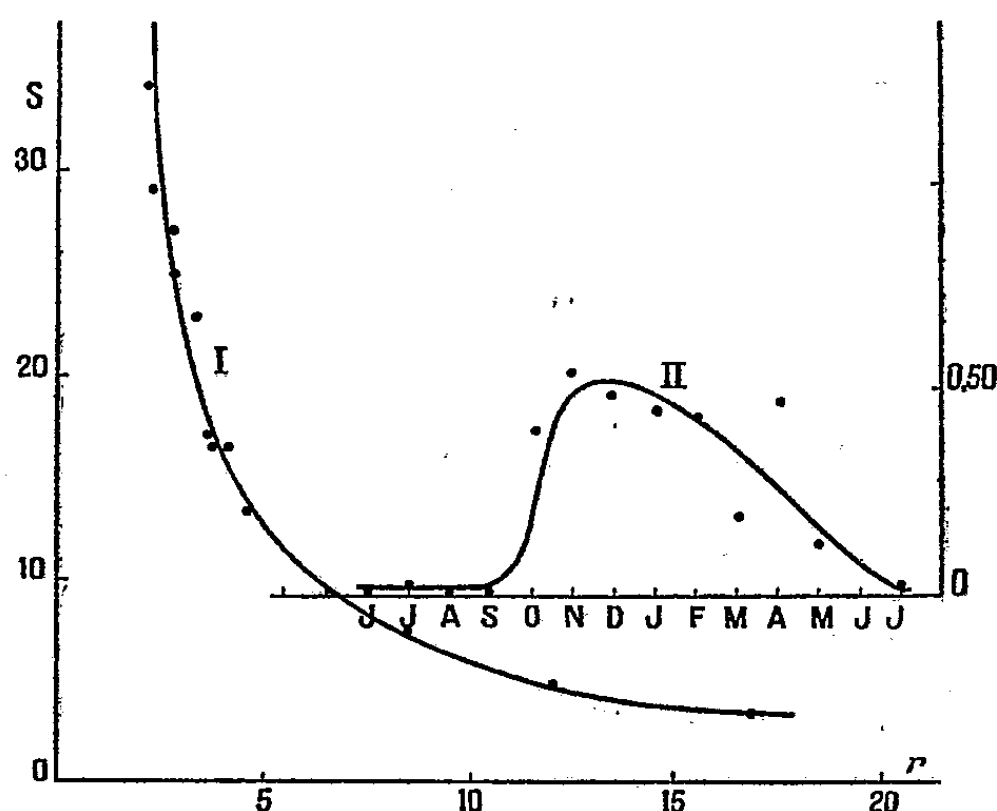
(1) Séance du 19 avril 1937.

(2) Mme R. Herman-Montagne et L. Herman, *Comptes rendus*, 204, 1936, p. 501.

d'observation), soit la conséquence du léger brouillard qui se lève fréquemment à la même heure.

L'évaluation de la surface S des courbes fournit une indication sur la quantité totale de poussières contenue dans l'air inspiré par les êtres vivants aux cours d'une journée. En comparant les valeurs moyennes de S et de d, on trouve un coefficient de corrélation égal à 0,97. Cette dépendance très accusée se traduit par la relation linéaire approchée : $S = -3,4\,d + 60$, dans laquelle la durée d du jour est exprimée en heures. L'aire S est évaluée en prenant comme unités l'heure et, pour les ordonnées des courbes, une quantité de poussières égale à $0^{mg},32$ par mètre cube. Les constantes de la formule caractérisent le régime de la production des poussières; en particulier, la pente de la droite correspond à l'importance des variations constatées au cours de l'année.

Tenant compte du fait que le brouillard de condensation entraîne géné-



ralement une forte augmentation de la teneur de l'air en poussières, et aussi de l'influence opposée des courants ascendants provenant notamment d'un gradient de température au voisinage du sol, nous avons recherché s'il existe en moyenne une relation entre S et les données relatives à l'humidité et à la température de l'air, telles qu'elles sont obtenues journellement à l'Observatoire de Fourvière (peu éloigné de notre station d'observation, mais à une altitude plus élevée de 130^{m} environ). La courbe I révèle effectivement une variation régulière de S en fonction du rapport r de l'état hygrométrique à la température, mesurée à 25^{cm} du

sol. Mais, comme il s'agit d'une variation inverse de celle qui pouvait être prévue, il faut incriminer la différence de situation et d'altitude des deux stations, ou admettre que d'autres causes de stagnation interviennent pour modifier complètement l'effet de l'humidité et des courants ascendants.

L'ordonnée des maxima des courbes, par rapport à celle du palier observé au milieu du jour, est notablement plus grande en été qu'en hiver. Pour cette dernière saison, de novembre à mars, le palier élevé indique la stagnation d'une quantité importante de poussières, correspondant à une valeur moyenne de l'ordre de $0^{mg},32$ par mètre cube. La courbe II représente les variations annuelles du rapport de l'ordonnée du palier à celle du maximum principal du début de la journée. En octobre, ce rapport augmente assez brusquement etconserve ensuite une valeur importante jusqu'à la fin de l'hiver. Il faut vraisemblablement attribuer ce phénomène à l'influence prépondérante des foyers domestiques.

En résumé, les remarques précédentes montrent que la position horaire des maxima des courbes de poussières dépend étroitement des conditions météorologiques variant d'une saison à l'autre. Ces maxima ne doivent pas être attribués à des accroissements momentanés de la production des fumées par les foyers domestiques et industriels. Au cours de l'année, la quantité moyenne de poussières présentes au niveau du sol subit également des variations régulières, dont les caractères semblent établir la prédominance de la pollution de l'air par les foyers domestiques.

MICROCHIMIE VÉGÉTALE. — *Sur la production de choline dans les caryopses et les plantules de l'Ivraie enivrante, en rapport avec le parasitisme.* Note de M. **Jean Chaze**, présentée par M. Alexandre Guilliermond.

Les modifications qu'apporte le parasitisme chez les plantes sont non seulement d'ordre morphologique (tumeurs, etc.), mais elles ont aussi leur retentissement dans le fonctionnement des cellules, des tissus et des constituants cytoplasmiques. Ces répercussions peuvent alors porter sur les éléments anatomiques (Mlle Fourcroy); elles intéressent aussi l'appareil vacuolaire (Dufrénoy) ou le chondriome et les chloroplastes (Beauverie). Les noyaux subissent des lésions profondes (Molliard). Enfin, dans un travail récent, j'ai pu établir, avec Sarazin, que le Champignon de couche parasité avait un comportement identique à celui des végétaux supérieurs.

Les observations que j'ai faites sur les caryopses et les plantules de l'Ivraie enivrante (*Lolium temulentum*) qui hébergent d'une façon à peu près constante un endophyte, lequel forme un revêtement au-dessus de la couche aleurique (Guérin, Vogl), sont d'un ordre différent et nouveau que je vais relater ici.

Les caryopses sont mis à germer et dès que la jeune racine apparait, ou mieux encore lorsqu'elle atteint 1^{cm}; on la soumet après un léger écrasement à l'action du réactif iodé, préparé suivant la formule de Stanek ($I = 15,7$, $IK = 20$, $H^2O = 100$), solution que l'on dédoublera au moment de l'emploi.

L'examen microscopique permet de constater qu'il s'est formé à l'intérieur des cellules des précipités de couleur brune, que l'on peut considérer, avec les réserves d'usage, comme caractéristiques des alcaloïdes (contre épreuve d'Errera positive). Cette réaction est surtout bien marquée dans les cellules du parenchyme cortical, de l'assise pilifère et des poils absorbants; la région méristématique ne la présente pas. Ces précipités disparaissent assez rapidement, en même temps on voit se former à *l'extérieur* des cellules des cristaux de Florence, caractéristiques de la choline (Kahane). Ces cristaux se déposent d'abord sur les cellules contenant les précipités globuleux; ils apparaissent ensuite à une certaine distance de la racine en commençant par l'extrémité, et forment une sorte d'auréole autour de cet organe. Ces dépôts peuvent être extrêmement abondants et masquer par place la forme des cellules. L'albumen non digéré présente les mêmes réactions, mais les cristaux y sont plus réguliers, moins abondants et plus petits.

Les racines de *Lolium temulentum* sont ensuite soumises à l'action d'autres réactifs témoins et l'on constate alors, que le réactif de Tanret provoque la formation de cristaux vert clair; avec celui de Kraut, on obtient l'apparition de cubes ou d'hexagones de couleur rubis. Les liquides de Mayer ou de Reineke donnent également des résultats positifs. Dans ces divers cas, les images obtenues sont superposables à celles qu'accuse le chlorhydrate de choline avec les réactifs précipités (microphotographies de Jacques Carles et François Leuret).

Nous sommes donc bien ici en présence d'une grande quantité de choline obtenue au contact de la plante vivante et sans hydrolyse par les acides. Il est vraisemblable que cette base est à l'état libre, mais on peut supposer aussi qu'elle provient du dédoublement d'un composé organique très labile,

Les recherches d'ordre histochimique et cytologique que je me propose d'effectuer me permettront, peut-être, de préciser cette origine.

Une deuxième série d'expériences consiste à immerger, sans la léser, une jeune racine d'Ivraie dans une goutte de la solution de Stanek déposée sur une lame porte-objet évidée. Les cristaux de Florence apparaissent, comme il est indiqué ci-dessus, mais moins abondants. On peut aussi soumettre les racines à des lavages répétés dans de l'eau distillée, les réactions diminuent graduellement et deviennent nulles après un séjour de deux ou trois jours dans de l'eau renouvelée. La choline élaborée par les cellules est donc excrétée naturellement à travers les membranes et diffuse dans l'eau où elle est soluble. Cette base azotée se comporte donc, dans une certaine mesure, comme la nicotine, la cicutine, la lupinine, etc., alcaloïdes, qui ainsi que je l'ai démontré dans mes travaux antérieurs peuvent être rejetés hors de la plante.

Une troisième série d'observations paraît être la plus importante, puisqu'elle tend à démontrer que la production de choline est liée à la présence de l'endophyte dans les grains. En effet, chez un petit nombre de germinations de *Lolium*, le réactif iodé est sans action, tout aussi bien à l'intérieur de la cellule (précipités globuleux) qu'à l'extérieur (cristaux de Florence), ou que dans l'albumen non digéré. Dans de tels échantillons, si l'on procède à des coupes à congélation et qu'on les traite ensuite par le bleu lactique, on ne parvient jamais à mettre en évidence la couche fongique. Il en est tout autrement dans les caryopses ayant donné les résultats positifs, signalés plus haut, où l'examen micrographique opéré dans les mêmes conditions, permet toujours d'apercevoir l'endophyte au-dessus de la couche aleurique et où la quantité de choline est proportionnelle à l'intensité de l'invasion parasitaire.

En résumé, les caryopses et les plantules de l'Ivraie enivrante peuvent sous l'action, vraisemblablement diastasique, de l'endophyte localisé dans le grain, élaborer de la choline. Cette base azotée n'est pas conservée par la plante, et elle fait défaut dans les échantillons indemnes de l'attaque parasitaire.

CHIMIE VÉGÉTALE. — *Présence d'un alcool nouveau en* C^{19} *dans la cire retirée de l'huile des fruits du Framboisier.* Note de M. **Henri Marcelet**, présentée par M. Richard Fosse.

J'ai extrait par l'éther sulfurique la matière grasse contenue (13,44 pour 100) dans les fruits du Framboisier (*Rubus Idæus* L.) poussant spontanément dans les hautes montagnes des Alpes Maritimes.

Par filtration à 15°, à la trompe, j'ai séparé du corps gras une huile liquide (93,5 pour 100) et une cire solide (6,5 pour 100).

L'huile n'offre pas d'intérêt particulier.

La cire, au contraire, m'a permis de retirer de l'insaponifiable (22,8 pour 100) un alcool cristallisé, assez peu soluble dans les solvants usuels :

Point de fusion de l'alcool	62°,5
» du benzoate	45
» de l'acétate	58
» du phényluréthane	80

Ces résultats ne correspondent à aucun de ceux indiqués pour les alcools extraits des cires, mais font prévoir que ce produit peut se classer entre l'alcool octodécylique et l'alcool arachylique. L'analyse élémentaire a donné les résultats suivants :

Poids moléculaire trouvé par ébullioscopie 285.

Analyse élémentaire, trouvé C 80,22; H 14,52; O 5,26, correspondant à $C^{19}H^{40}O$. P. M. 284; composition théorique C 80,28; H 14,08; O 5,63.

Or l'alcool en C^{19} manquait dans la série des alcools isolés des cires.

Afin de rappeler son origine, je propose d'appeler ce produit nouveau *alcool rubidæylique* (Framboisier, *Rubus Idæus* L.).

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Sur la matière minérale phosphorescente des tissus osseux de Grenouille* (Rana esculenta *L.*). Note de M. **Georges Brooks**, présentée par M. Gabriel Bertrand.

J'ai démontré[1] que la matière minérale fluorescente de la peau de Grenouille est due à un mélange complexe, diluants et fluorogènes minéraux. On peut se demander si les tissus osseux riches en matières minérales se comportent de la même façon.

Si l'on examine sous la lumière de Wood une Grenouille débarrassée de sa peau, on voit que les pattes, et particulièrement les genoux, présentent une fluorescence blanche bleu violacé plus ou moins intense. Les genoux, parties articulaires, apparaissent plus lumineux et par conséquent plus intéressants à étudier. On contrôle facilement cette intensité par rapport à celle des pattes en examinant au microfluoroscope de Reichert, après microincinération de la substance dans une capsule de platine.

Pour l'analyse, on coupe la rotule près de la tête épiphysaire, et l'on dessèche à l'étuve à 105° pendant 48 heures avant de procéder à la microdestruction par voie humide ou par voie sèche. Les deux méthodes donnent le même résultat, au point de vue fluorescent, excepté pour les cendres obtenues par calcination graduelle, qui présentent une phosphorescence remarquable dont la durée atteint parfois 3 secondes.

Certaines observations sont tout à fait différentes de celles déjà constatées pour la matière minérale fluorescente de la peau. C'est ainsi que les cendres conservent leur fluorescence jusqu'au delà de 500°. En solution aqueuse dans un tube en quartz transparent, elles possèdent une fluorescence bleu violacé moyenne; en solution sulfurique, elles sont plus lumineuses. Les sulfates offrent une fluorescence bleu jaunâtre, tandis que les chlorures sont d'un jaune intense.

Le dosage de l'élément fluorogène important, le Mn, offre quelques difficultés. On doit suivre rigoureusement la technique donnée par Gabriel Bertrand[2], puis par Gabriel Bertrand et Médigreceanu[3] pour obtenir la

(1) *Comptes rendus*, **202**, 1936, p. 2016.

(2) *Bull. Soc. Chim.*, 4e série, **11**, 1912, p. 496.

(3) *Comptes rendus*, **154**, 1912, p. 1450, et *Ann. Inst. Pasteur*, **27**, 1913, p. 282 et 1.

teinte violette de la réaction permanganique. Ce dosage nécessite l'emploi d'au moins 50^{mg} de cendres. La teneur en ce métal est de 27^{mg} pour 100^{g} de cendres; quoique plus faible que celle de la peau, elle est suffisante pour rendre les diluants phosphorescents, ce qui paraît suivre la loi de l'optimum. L'analyse spectrale des cendres indique les mêmes raies d'éléments que celle de la peau avec, naturellement, plus d'intensité pour les diluants que pour les luminogènes.

Par contre, pour le Zn, on n'a pu constater sa présence que par la méthode au zincate de Gabriel Bertrand-M. Javillier. Le Zn obtenu peut être encore facilement décelé par sa fluorescence verte avec l'urobiline chloroformique ou en le transformant en vert de Rinmann (micro-réaction).

Il est curieux de voir que la phosphorescence des tissus osseux est due à la prédominance des diluants qui constituent la masse cristalline combinée avec le Mn et quelques γ de Zn. Il y a donc décroissance d'éléments catalytiques par rapport à la teneur de la peau et augmentation de fluorescence de longue durée. Ces éléments catalytiques se localisent sans aucun doute dans la peau par élimination. Ces faits n'apparaissent pas dénués d'intérêt au point de vue morphologique.

Incontestablement, l'élément actif fluorogène, le Mn, joue un rôle important dans la phosphorescence des matières minérales des tissus osseux comparativement au Zn dont la dose est faible. Le Mn ne doit certainement pas rester passif dans la physiologie normale de l'ossification.

A 16^h l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à $16^h 15^m$.

A. Lx.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU MERCREDI 19 MAI 1937.

PRÉSIDENCE DE M. EMMANUEL LECLAINCHE.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Ministre de l'Éducation Nationale** adresse ampliation du décret, en date du 11 mai 1937, portant approbation de l'élection que l'Académie a faite de M. **Louis Martin** pour occuper dans la Division des Académiciens libres la place vacante par le décès de M. *J. Charcot*.

Il est donné lecture de ce décret.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur l'intégration logique des équations différentielles linéaires*. Note de M. **Jules Drach**.

On indique ici une façon de présenter la théorie classique, due à M. Émile Picard [1], du *groupe de rationalité* des équations différentielles *linéaires* (extension de la théorie de Galois), qui la met en harmonie avec l'exposé adopté pour l'*intégration logique* des équations différentielles ordinaires quelconques [2]. On n'ajoute d'ailleurs rien d'essentiel à cette théorie; on l'éclaire autrement. Soit l'équation

$$F(y) = y^{(n)} + p_1 y^{(n-1)} + \ldots + p_n y = 0 \tag{1}$$

dont, *pour fixer les idées*, les coefficients p_i appartiennent au *domaine* $[R_0]$ formé de toutes les fonctions rationnelles de x à coefficients constants. (Ce domaine $[R_0]$ sera *étendu* plus tard). On suppose que l'équation n'admet

(1) Cf. Émile Picard, *Traité d'Analyse*, 3, Chap. XVII, 2e et 3e éditions.

(2) *Proceedings of the International Congress*, Cambridge, 1, 1912, p. 438-497.

ni solution *rationnelle* en x, ni solution *algébrique* en x; on devra réaliser cette condition. Si $y_1, \ldots, y_n$ sont un système *fondamental* de solutions de (1), on remplace les équations $F(y_i) = 0$ par un système

$$(\Sigma) \qquad \frac{D}{1} = \frac{D_1}{p_1} = \ldots = \frac{D_n}{p_n},$$

où $D \neq 0$ et où les D_i sont des déterminants dont les quotients sont *tous les invariants différentiels*, distincts, *du groupe linéaire général* G_n, des transformations $Y_i = \Sigma \alpha_{ik} y_k$, où les y_i sont fonctions de x, non transformé.

I. Si le système (Σ) est *irréductible*, c'est-à-dire s'il n'existe aucune relation rationnelle entre $x, y_1, \ldots, y_n, \ldots, y_n^{(n-1)}$ *compatible* avec Σ, donc vérifiée par un système fondamental, on ne peut distinguer entre les systèmes fondamentaux. L'équation (1) est *générale* et les fonctions $y_1, \ldots, y_n$ sont *attachées* dans $[R_0]$ au groupe général G_n. Leur étude peut être faite *localement* au voisinage des points singuliers de l'équation (1).

II. Si le système (Σ) est *réductible*, on peut, en ajoutant des relations rationnelles convenables (S) entre $x, y_1, \ldots, y_n, y'_1, \ldots, y_n^{(n-1)}$ obtenir un système irréductible satisfait par certains systèmes fondamentaux seulement. Considérons *a priori* les systèmes irréductibles *réguliers :* ce sont ceux qui renferment le plus grand nombre d'équations d'ordre zéro, puis le plus grand nombre d'équations d'ordre 1, etc., enfin ceux pour lesquels la résolvante algébrique irréductible dont dépend une combinaison linéaire des dérivées *principales* de (S) (résolvante de Galois) a le degré le plus petit. Un système (S) comprend k équations $f_1 = 0, \ldots, f_k = 0$ dont les polynomes premiers membres ne sont pas toujours *fonctionnellement* distincts, mais aucun d'eux ne s'exprime sous forme de polynome avec les autres, les coefficients étant des fonctions rationnelles de x.

Posons $P = \Sigma u_i f_i = P(Y)$, les u_i étant des fonctions rationnelles de x, indéterminées, et $Y_1, \ldots, Y_n$ les éléments d'une solution de (S), de sorte que $P(Y)$ est une abréviation pour $P(x, Y_1, \ldots, Y_n, Y'_1, \ldots, Y_n^{(n-1)})$, et faisons sur les Y_i une transformation linéaire *arbitraire* (α), $Y_i = \Sigma \alpha_{ik} y_k$, qui entraîne $Y'_i = \Sigma \alpha_{ik} y'_k$, etc.; les y_i sont alors un système fondamental *quelconque*. On aura $P(Y) = \Sigma l_m(\alpha_{ik}) \xi_m(y)$ *où l'on suppose le nombre* $(\rho + 1)$ *des* l_m, qui ne dépendent que des α_{ik}, *réduit à son minimum* [celui des $\xi_m(y)$ l'est aussi]. Une nouvelle transformation $y_k = \Sigma b_{kj} z_j$, donne $Y_i = \Sigma \gamma_{ij} z_j$ avec $\gamma_{ij} = \Sigma \alpha_{ik} b_{kj}$, entraîne $P(Y) = \Sigma l_m(\gamma_{ik}) \xi_m(z)$. On conclut de là à la fois : $l_m(\gamma_{ik}) = \Sigma \lambda_{mj}(b_{ik}) l_j(\alpha_{ik})$ et $\xi_m(y) = \Sigma \lambda_{jm}(b_{ik}) \xi_j(z)$.

Les polynomes $l_m(\alpha_{ik})$, que j'appelle *coordonnées de* P, subissent donc, pour une transformation linéaire des α_{ik}, une transformation linéaire. Si (α)

est la transformation identique ($\alpha_{ik} = \varepsilon_{ik}$), les $l_m(\alpha_{ik})$ se réduisent à des constantes L_m non toutes nulles; on a donc $P(Y) = \Sigma L_m \xi_m(Y)$.

Ces remarques faites, les k équations de (S) peuvent s'écrire, en posant

$$\frac{df}{dx} = X(f) = \frac{\partial f}{\partial x} + \sum \frac{\partial f}{\partial y_i} y'_i + \ldots - \sum \frac{\partial f}{\partial y_i^{(n-1)}} (p_1 y_i^{(n-1)} + \ldots + p_n y_i),$$

sous la forme

$$\begin{aligned} &P(Y) = \Sigma l_m(\alpha_{ik}) \quad \xi_m(y) = 0, \\ \frac{dP}{dx} = \; &X(P) = \Sigma l_m(\alpha_{ik}) \quad X\xi_m(y) = 0, \\ &\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots, \\ \frac{d^{k-1}P}{dx^{k-1}} = \; &X_{k-1}(P) = \Sigma l_m(\alpha_{ik}) X_{k-1}\xi_m(y) = 0, \end{aligned}$$

l'équation $d^kP/dx^k = 0$ étant une conséquence de celles-là.

Le nombre $(\rho + 1)$ *des* l_m *ne peut être inférieur ou égal à* k : on en déduirait des relations rationnelles vérifiées par les y_i, système fondamental quelconque qui, si elles étaient des identités, entraîneraient une relation linéaire à coefficients constants entre les ξ_i. *Il n'est pas supérieur à* $k + 1$.

Car on peut tirer des k relations (S) les expressions de k des l_m (par exemple $l_1, \ldots, l_k$) au moyen des autres

$$l_m(\alpha_{ik}) + l_{k+1}(\alpha_{ik})\Omega_{1m}(y) + l_{k+2}(\alpha_{ik})\Omega_{2m}(y) + \ldots = 0 \qquad (m = 1, \ldots, k)$$

et la dérivation en x donne des identités $l_{k+1} X\Omega_{1m} + l_{k+2} X\Omega_{2m} + \ldots = 0$, d'où l'on conclut $X\Omega_{1m} = 0$, $X\Omega_{2m} = 0$, ...

Les équations $\Omega_{1m}(y) = c_{1m}$ $(m = 1, \ldots, k)$ forment un système compatible, si l'on prend pour les c_{1m} ce que donnent les premiers membres en y faisant $x = x_0$, $y_1 = y_{10}$, ..., $y'_1 = y'_{10}$, ...; elles comprennent k équations distinctes. Il en est de même des équations $\Omega_{2m}(y) = c_{2m}$, qui s'y ajoutent. Les relations $c_{2m}\Omega_{1m}(y) - c_{1m}\Omega_{2m}(y) = 0$ ne peuvent être que des identités, sans quoi on aurait plus de k équations. Si elles sont des identités, on en conclut (eu égard à la forme des Ω, quotients de déterminants formés avec $\xi_1, \ldots, \xi_k, \xi_{k+1}, \xi_{k+2}$) une relation linéaire et homogène à coefficients constants entre les ξ_i.

On a donc $\rho = k$ et le système (S) peut s'écrire sous la *forme normale*

$$(S_1) \qquad \frac{l_m(\alpha_{ik})}{l_0(\alpha_{ik})} = \Omega_m(x \mid y) \quad (m = 1, \ldots, \rho), \quad \text{avec } L_0 \neq 0,$$

où il est clair que $y_1, \ldots, y_n$ *sont une solution du système initial* (S) *si*

$$(A) \qquad \frac{l_m(\alpha_{ik})}{l_0(\alpha_{ik})} = \frac{L_m}{L_0}$$

et seulement dans ce cas. Les ρ équations (A) sont les *équations de définition* d'un groupe Γ, portant sur les coefficients α_{ik} des transformations (α), qui conduisent d'une solution (Y) de (S_1) à une autre solution (y).

Les $l_m(\alpha_{ik})$ sont les invariants *relatifs* de Γ; les $\Lambda_m = l_m/l_0$ sont les invariants *absolus*. Ils ne sont pas fonctionnellement distincts, mais vérifient des relations entières homogènes $F_i(l_0, l_1, \ldots, l_\rho) = 0$ ($\iota = 1, \ldots, r$).

a. Si, au lieu des Y_i, on considère le système y_i qui en dérive par la transformation (α), les équations de passage de la solution y_i à z_i, sont

$$(\Lambda_\alpha) \qquad \frac{l_m(\alpha_{ik})}{l_0(\alpha_{ik})} = \frac{l_m(\gamma_{ik})}{l_0(\gamma_{ik})} \qquad \text{avec} \qquad \gamma_{ij} = \Sigma \alpha_{ik} b_{kj}.$$

Ce sont les équations de définition du groupe *transformé* Γ_α de Γ par la transformation (α). Le système qui définit les y_i est *régulier*, quels que soient les α_{ik}; *tous les systèmes irréductibles* (S) *sont donc réguliers.*

b. On observe que, si les $l_m(\alpha_{ik})$ sont les coordonnées de P, *ils peuvent aussi être pris pour coordonnées de* dP/dx ou X(P), de d^2P/dx^2 etc. Il en résulte que le passage du système (S) au système (S_1) peut se faire en faisant subir à $Y_1, \ldots, Y_n$; $Y'_1, \ldots, Y'_n$; ... une même transformation (α) où *la nature des* $\alpha_{ik}, y_1, \ldots, y_n; y'_1, \ldots, y'_n$; ... *reste quelconque.*

Considérons une transformation $Z_i = \Sigma\beta_{ik} Y_k = \Sigma\gamma_{ij} y_j$ avec $\gamma_{ij} = \Sigma\beta_{ik} b_{kj}$, où les β_{ik} satisfont aux conditions $l_m(\beta_{ik})/l_0(\beta_{ik}) = L_m/L_0$; les Z_i sont encore une solution du système initial aux Y_i; on a donc

$$\frac{l_m(\gamma_{ik})}{l_0(\gamma_{ik})} = \frac{l_m(\alpha_{ik})}{l_0(\alpha_{ik})} = \Omega_m(x \mid y),$$

quels que soient les b_{kj} et les y_i. Remplaçons les n^2 quantités $y_1, \ldots, y_n$; $y'_1, \ldots, y_n^{(n-1)}$ par 1 ou 0, de manière que dans le déterminant à n lignes formé avec ces éléments, tous les éléments soient nuls, sauf ceux de la diagonale principale égaux à 1; on trouve $\alpha_{ik} = d^{k-1}Y_i/dx^{k-1} = Y_i^{(k-1)}$ et $\gamma_{ik} = Z_i^{(k-1)}$. Le système ($S_2$), qui remplace ($S_1$), s'écrit alors

$$(S_2) \qquad \frac{l_m(Z_i^{(k-1)})}{l_0(Z_i^{(k-1)})} = \frac{l_m(Y_i^{(k-1)})}{l_0(Y_i^{(k-1)})} = \omega_m(x) \qquad (m = 1, \ldots, \rho);$$

il exprime que les $[l_m(Y_i^{(k-1)})]/[l_0(Y_i^{(k-1)})]$ sont *tous les invariants différentiels* du groupe Γ *étendu* en y regardant les Y_i comme fonction de x et qu'*ils sont rationnels* en x.

L'équation (1) est *spéciale :* Les fonctions $Y_1, \ldots, Y_n$ sont définies aux transformations près de Γ, et les invariants différentiels de Γ sont des

fonctions rationnelles de x, d'où le nom de *groupe de rationalité* donné à Γ. Je dis que les Y_i sont *attachés* au groupe Γ dans le domaine $[R_0]$.

Remarques. — Les $l_m(\alpha_{ik})$ ne sont définis qu'à une transformation linéaire près; on peut en profiter pour *réduire*, suivant les méthodes de la théorie des formes, les relations $F_i(l_0, l_1, \ldots, l_\rho) = 0$. La forme (S_2) donne pour (Γ) une expression *indépendante* de x, donc de l'équation (1) de départ; on peut l'obtenir *a priori*, en partant d'une théorie abstraite des groupes. Comme on n'a pas eu à préciser le choix des Y_i, le groupe (Γ) ne dépend pas de la solution dont on est parti. Enfin on n'a eu à s'occuper que d'*invariance formelle*, la théorie de Lagrange *étendue* n'interviendra que dans la réduction *théorique* d'une équation (1) générale.

c. Système résolvant. — Pour obtenir le *système résolvant* dont dépend la détermination des invariants $[l_m(Y_i^{(k-1)})]/[l_0[(Y_i^{(k-1)})]$ donnés *a priori*, on part des équations $\gamma_{ij} = \Sigma\alpha_{ik}b_{kj}$ où les b_{kj} sont arbitraires, d'où l'on a conclu : $l_m(\gamma_{ik}) = \Sigma\lambda_{m,j}(b_{ik})\,l_j(\alpha_{ik})$ et l'on formera un système de b_{kj} donnant une transformation infiniment voisine de la transformation identique $\gamma_{ik} = \alpha_{ik} + \varepsilon\theta_{ik}$ de telle sorte que l'accroissement de α_{ik} soit $\varepsilon X(\alpha_{ik})$, où l'on a posé $\alpha_{ik} = Y_i^{(k-1)}$. Il suffit de prendre $\theta_{ik} = \alpha_{i,k+1}$ pour $k+1 \leqq n$ et $\theta_{in} = -(p_1\alpha_{in} + p_2\alpha_{i,n-1} + \ldots + p_n\alpha_{i1})$, ce qui détermine les b_{ij}. Les équations écrites plus haut donnent alors : $dl_m(\alpha_{ik})/dx = \Sigma A_{m,j,s}p_s l_j(\alpha_{ik})$, où les $A_{m,j,s}$ sont des constantes connues. C'est le *système résolvant pour les invariants relatifs;* on en déduit celui pour les invariants *absolus* $\Lambda_m = l_m/l_0$. Lorsque Γ est le groupe de rationalité *il a une solution rationnelle* $\Lambda_m = \omega_m(x)$ et *une seule*, satisfaisant aux relations $F_i(1, \Lambda_1, \ldots, \Lambda_\rho) = 0$. On le démontre aisément.

M. **Gabriel Bertrand** fait hommage à l'Académie d'un Ouvrage de MM. Oskar Eckstein, Albert Bruno et J. W. Turrentine, *Kennzeichen des Kalimengels. Signes de manque de potasse. Potash Deficiency Symptoms*, avec la collaboration de G. A. Cowie et G. N. Hoffer, dont il a écrit la *Préface*.

M. **Maurice d'Ocagne** fait hommage à l'Académie d'un Ouvrage de M. René Lambert, intitulé *Structure générale des nomogrammes et des systèmes nomographiques*, dont il a écrit la *Préface*, et dans lequel est abordée pour la première fois l'étude des systèmes nomographiques constitués par un ensemble de p nomogrammes à n variables $(n > p)$.

ÉLECTIONS.

Par l'unanimité de 43 votants, MM. **E. Picard**, **H. Deslandres**, **A. Lacroix**, **R. Bourgeois**, **G. Perrier**, **Ch. Fabry** sont désignés pour faire partie du Conseil de l'Observatoire de Paris.

PRÉSENTATIONS.

Dans la formation d'une liste de candidats à la Chaire d'*Électricité industrielle* du Conservatoire national des Arts et Métiers, pour la première ligne M. *Édouard Lefrand* obtient 38 suffrages contre 1 à M. *Léon Bouthillon*; pour la seconde ligne, M. *Léon Bouthillon* obtient 33 suffrages; il y a 1 bulletin blanc.

En conséquence la liste présentée à M. le Ministre de l'Éducation nationale comprendra :

En première ligne............. M. **Édouard Lefrand.**
En seconde ligne............. M. **Léon Bouthillon.**

CORRESPONDANCE.

Le **Président du Comité des Journées médicales internationales de Paris** fait savoir à l'Académie que ces réunions se tiendront du 26 au 30 juin 1937, à l'occasion de l'Exposition Internationale.

CALCUL DES PROBABILITÉS. — *Les propriétés ergodiques des suites des probabilités en chaîne*. Note de MM. **Nicolas Kryloff** et **Nicolas Bogolioùboff**, présentée par M. Jacques Hadamard.

Dans cette Note nous allons reprendre l'étude des suites d'épreuves répétées faites avec un système S et régies par une loi des probabilités en

chaîne. Nous allons utiliser ici les mêmes conditions et définitions que dans notre Note précédente (¹).

Désignons par $x, x_1, \ldots, x_n, \ldots,$ les états que peut prendre S dans une suite d'épreuves successives. Alors, si l'état initial x appartient à l'ensemble $\mathfrak{C}_k$, on a presque certainement

$$\frac{1}{n}\sum_{q=1}^{n} f(x_q) \to \int_\Omega f\,dm_q \qquad (n \to \infty),$$

où $f(x)$ est une fonction quelconque de L_Ω.

Vu cette propriété ergodique, nous allons appeler $\mathfrak{C}_1, \ldots, \mathfrak{C}_{\alpha+1}$ les ensembles quasi ergodiques. Dans lè cas où $\alpha = 0$, c'est-à-dire, quand le simplex $\mathfrak{N}$ se réduit à un point, le seul ensemble quasi ergodique est Ω lui-même. En étudiant les propriétés des ensembles quasi ergodiques nous avons démontré que presque certainement les états de la suite $x, x_1, \ldots, x_n, \ldots,$ à partir d'une valeur suffisamment grande de n, appartiennent tous à un même ensemble quasi ergodique et cela quel que soit l'état initial x. La probabilité pour que ces états appartiennent justement au $k^{\text{ième}}$ ensemble $\mathfrak{C}_k$ est égale à $\varphi_k(x)$.

De là s'ensuit qu'existe presque certainement la moyenne

$$\lim_{n\to\infty} \frac{1}{n}\sum_{q=1}^{n} f(x_q)$$

de la variable aléatoire $f(x)$ (de L_Ω) dans la suite d'épreuves successives et que cette moyenne est égale à une des grandeurs

$$\int_\Omega f\,dm_1, \quad \ldots, \quad \int_\Omega f\,dm_{\alpha+1},$$

respectivement avec les probabilités $\varphi_1(x), \ldots, \varphi_{\alpha+1}(x)$.

On voit ainsi que les mesures transitives $m_1(\mathfrak{M}), \ldots, m_{\alpha+1}(\mathfrak{M})$ sont les valeurs possibles pour la fréquence moyenne du séjour de l'état de S dans l'ensemble $\mathfrak{M}$.

Étudions maintenant l'effet d'une petite perturbation de la loi des probabilités en chaîne. Soit S_ε le système perturbé décrit par un opérateur T_ε vérifiant les mêmes conditions que l'opérateur T pour le système non perturbé. Nous allons supposer naturellement que le paramètre ε ne peut

(¹) N. Kryloff et N. Bogolioùboff, *Comptes rendus*, 204, 1937, p. 1386.

prendre que des valeurs suffisamment petites et que $\|T_\varepsilon - T\| \to 0$ quand $\varepsilon \to 0$. Soit $\mathfrak{K}$, comme toujours, le simplex des mesures invariantes pour le système non perturbé et $\mathfrak{K}_\varepsilon$, celui pour le système perturbé. Nous avons démontré que, pour ε suffisamment petit, le nombre des dimensions de $\mathfrak{K}_\varepsilon$ n'est pas supérieur à celui de $\mathfrak{K}$ et que tout point de $\mathfrak{K}_\varepsilon$ peut être approché par un point de $\mathfrak{K}$ avec une erreur s'évanouissant avec ε. On constate ici que toute mesure transitive pour le système perturbé peut être identifiée, en première approximation, avec une mesure invariante (non transitive en général) pour le système non perturbé. Nous avons démontré aussi que tout point de $\mathfrak{K}$, c'est-à-dire toute mesure invariante pour le système non perturbé peut devenir transitive pour le système perturbé d'une façon adéquate.

Ainsi les points extrêmes de $\mathfrak{K}$ correspondant à des valeurs possibles de la fréquence moyenne du séjour, les points intérieurs de $\mathfrak{K}$ correspondent à des valeurs de cette fréquence qui peuvent devenir possibles sous l'effet de la petite perturbation de la loi des probabilités.

Les résultats que nous avons obtenus pour les chaînes discrètes régies par un seul opérateur T se généralisent immédiatement à des chaînes continues régies par les opérateurs $T_t (t > 0)$ vérifiant la relation $T_{t+\tau} T_t T_\tau$ si, bien entendu l'on admet que pour un $t_0 > 0$ il existe un opérateur complètement continu V tel que $\|T_{t_0} - V\| < 1$. Les résultats qu'on peut obtenir pour le cas des chaînes continues sont même un peu plus forts étant donné que dans ce cas les opérateurs T_t convergent vers l'opérateur limite non seulement au sens de Césaro mais aussi au sens ordinaire : $\|T_t - T_\infty\| \leq M e^{-\nu t}$, où M et ν sont des constantes positives.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Théorème général fournissant l'argument des points singuliers situés sur le cercle de convergence d'une série de Taylor.* Note de M. **Szolem Mandelbrojt**, présentée par M. Jacques Hadamard.

Soit $f(z)$ une fonction représentée par la série $\Sigma a_n z^n$ de rayon de convergence fini, non nul, $0 < R < \infty$. Le théorème de Cauchy-Hadamard :

$$\frac{1}{R} = \overline{\lim} \sqrt[n]{|a_n|},$$

fournit le module R du point singulier de $f(z)$ (ou, du moins, de ce qu'on a pris l'habitude d'appeler sa branche principale) le plus rapproché de

l'origine. Le but de cette Note est de donner une formule aussi générale concernant l'argument des points singuliers. Étant donné la simplicité du résultat, il est étonnant qu'on n'ait pas songé à le donner plus tôt.

THÉORÈME. — *Soit $f(z)$ la fonction représentée par la série $\Sigma a_n z^n$ dont le rayon de convergence est égal à un. Posons*

$$d_n(h) = a_0 h^n + C_n^1 a_1 h^{n-1} + \ldots + a_n \qquad (h \geqq 0)$$

et

$$R(h) = \overline{\lim_{n=\infty}} \sqrt[n]{|d_n(h)|} \qquad [R(0) = R = 1].$$

La fonction $R(h)$ possède, pour $h = 0$, une dérivée à droite

$$\overset{+}{R}'(0) = \lim_{h=+0} \frac{R(h) - 1}{h},$$

on a $|\overset{+}{R}'(0)| \leqq 1$, et en posant $\overset{+}{R}'(0) = \cos\varphi$, un des points $e^{\pm i\varphi}$ est le point singulier de $f(z)$ qui est, sur le cercle de convergence, le plus voisin du point d'affixe 1.

Démonstration. — Lorsque $|z|$ est suffisamment grand, on a

$$\left(1 + \frac{h}{z}\right) \sum_{n=0}^{\infty} \frac{a_n}{z^n} = \sum_{n=0}^{\infty} \frac{d_n(h)}{(z+h)^n}.$$

C'est la transformation d'Euler appliquée à la série $\Sigma(-1)^n a_n h^{-n} \xi^n$ en y posant $z = -h/\xi$.

Par conséquent, si E désigne l'ensemble des singularités de la fonction $F(z)$, dont le développement à l'infini (¹) est $\Sigma a_n/z^n$, E est compris dans la région commune au cercle C ($|z| \leqq 1$) et au cercle Γ_h

$$(\Gamma_h) \qquad |z + h| \leqq R(h)$$

et possède des points sur chacune des circonférences $|z| = 1$, $|z + h| = R(h)$, que nous désignerons respectivement par L et L_h. Il en résulte, comme à l'ordinaire, que les deux cercles dont il s'agit sont nécessairement sécants ou tangents, de sorte que $1 - h \leqq R(h) \leqq 1 + h$.

Si le point $z = 1$ appartient à E, on a $R(h) = 1 + h$. Dans le cas contraire, désignons par $\{h_i\}$ une suite de nombres positifs tendant vers zéro et

(¹) Si la fonction $f(z)$ n'est pas uniforme, ce qui suit concerne sa branche principale ou, plus généralement, tout prolongement par des chemins sortant une fois et une seule de C pour n'y plus rentrer.

telle que $[R(h_i)-1]/h_i$ tende vers une limite (une telle suite existe puisque $|[R(h)-1]/h|\leqq 1$). Soit H cette limite, on a $|H|\leqq 1$.

L'arc A_i de L_{h_i} intérieur à C tend vers un arc A de C contenant le point $z=1$ et dont les extrémités M, M' ont l'abscisse commune H. Pour chaque valeur de l'indice i, l'arc contient au moins un point P_i de E. Si ce point est M ou M' on a $H=\cos\varphi$, où φ a la signification de l'énoncé. Quant aux points P_i éventuellement fixés à l'intérieur de C, ils ont un point ou des points d'accumulation sur L, lesquels ne peuvent être ni dans l'arc complémentaire de A, ni dans l'arc A, puisque celui-ci ne peut renfermer aucun point singulier de $F(z)$. Un tel point d'accumulation ne peut donc être que M ou M', ce qui entraîne encore l'égalité annoncée $H=\cos\varphi$.

Ainsi, quelle que soit la suite $h_i\to 0$ telle que $[R(h_i)-1]/h_i$ tende vers une limite, cette limite est égale à $\cos\varphi$, donc unique, ce qui est la conclusion que nous avons en vue.

On peut obtenir un résultat analogue, mais moins simple, en raisonnant comme nous venons de le faire non sur la transformée d'Euler, mais sur le développement de $f(z)$ suivant les puissances de $z-h$.

Observations sur la Note de M. Mandelbrojt, par M. **Jacques Hadamard.**

Le beau résultat qui précède donne une forme remarquablement simple, élégante et suggestive aux relations qui existent entre les propriétés des coefficients d'une série entière et la distribution de ces singularités. Nul doute qu'il ne soit le signal de nouveaux progrès importants dans la théorie des fonctions analytiques.

M. Valiron a remarqué que la démonstration peut encore s'exposer en faisant (comme cela est certainement possible) correspondre à tout nombre positif ε, si petit qu'il soit, un nombre $\eta=\eta(\varepsilon)$ tel que la fonction $F(z)$ n'ait aucun point singulier dans la région définie par $-\varphi+\varepsilon\leqq\arg z\leqq\varphi-\varepsilon$, $0\leqq|z|\leqq 1-\eta$, d'où les inégalités

$$\sqrt{1+2h\cos\varphi+h^2}\leqq R(h)\leqq\max\left\{\sqrt{1+2h\cos(\varphi-\varepsilon)+h^2},\ 1-\eta+h\right\},$$

qui entraînent immédiatement la conclusion annoncée, étant donné que ε est aussi petit qu'on le veut (η étant choisi en conséquence).

En ce qui regarde cette même question des singularités des séries entières, je crois utile de faire connaître une remarque qui m'a été communiquée par M. Duranova y Vedia et qui est relative à une Note antérieure de M. Biggeri [1] : le résultat de M. Biggeri se déduit à peu près immédiatement d'un théorème connu de M. Pringsheim, dont M. Landau a donné une démonstration très simple [2].

GÉODÉSIE. — *Mesures de l'intensité de la pesanteur en France pendant l'année* 1936. Note [1] de M. **Raoul Goudey**, présentée par M. Georges Perrier.

Le tableau suivant donne les valeurs de l'intensité de la pesanteur en 50 stations françaises. Ces mesures ont été effectuées pendant l'année 1936, au moyen de deux gravimètres Holweck-Lejay, n° 52 et n° 518 *bis*.

Ce tableau est donné sous la forme prescrite par l'Association internationale de Géodésie. Les altitudes marquées par un astérisque résultent d'un nivellement barométrique. La correction de Bouguer a été calculée avec la densité uniforme 2,7; la correction topographique n'a pas été effectuée.

La valeur de g adoptée pour Paris (Observatoire) est $g = 980{,}943$ gals.

Les valeurs de l'intensité de la pesanteur publiées ici pourront subir de légères corrections, l'étalonnage des gravimètres étant susceptible d'être amélioré lors de la compensation du réseau.

---

(1) Il s'agit de la Note du 4 janvier dernier (*Comptes rendus*, 204, 1937, p. 30) et non de celle du 19 avril.

(2) *Darstellung und Begründung neuerer Ergebnisse der Funktionentheorie*, 1929, p. 72.

(1) Séance du 10 mai 1937.

Stations (50).	Latitude.	Longitude.	Altitude.	g.	g_0.	g''_0.	γ_0.	$g''_0-\gamma_0$.	$g_0-\gamma_0$.	γ'_0.	$g''_0-\gamma'_0$.	$g_0-\gamma'_0$.	Emplacements.
	° ′	° ′	m	g	g	g	g	mg	mg	g	mg	mg	
Montargis	47.59,6	2.43,9 E	113	980,857	980,892	980,879	980,886	— 7	+ 6	980,899	—20	— 7	Collège Saint-Louis
Briare	47.38,3	2.44,3 E	144	980,829	980,873	980,857	980,854	+ 3	+19	980,867	—10	+ 6	Église
Auxerre	47.48,0	3.34,2 E	120	980,849	980,886	980,872	980,869	+ 3	+17	980,882	—10	+ 4	Église Saint-Étienne
Arnay-le-Duc	47.13,3	4.29,2 E	371	980,720	980,835	980,793	980,817	—24	+18	980,830	—37	+ 5	Église
Château-Chinon	47. 3,9	3.55,9 E	555*	980,676	980,847	980,784	980,803	—19	+44	980,816	—32	+31	Église Saint-Romain
Decize	46.49,6	3.27,7 E	214*	980,734	980,800	980,776	980,781	— 5	+19	980,794	—18	+ 6	Église Saint-Aré
Moulins	46.34,0	3.19,9 E	222	980,706	980,774	980,749	980,758	— 9	+16	980,771	—22	+ 3	Cathédrale
Saint-Pierre-le-Moutier	46.47,4	3. 7,1 E	216	980,738	980,805	980,781	980,778	+ 3	+27	980,791	—10	+14	Église
Nevers	46.59,2	3. 9,5 E	198	980,755	980,816	980,794	980,796	— 2	+20	980,809	—15	+ 7	Cathédrale
Cosne	47.24,5	2.55,2 E	148	980,801	980,847	980,830	980,834	— 4	+13	980,847	—17	0	Église
Vierzon	47.13,3	2. 4,4 E	118	980,802	980,839	980,826	980,817	+ 9	+22	980,830	— 4	+ 9	Église
Issoudun	46.56,9	1.59,6 E	141	980,763	980,807	980,791	980,792	— 1	+15	980,805	—14	+ 2	Église Saint-Cyr
Châteauroux	46.48,9	1.42,0 E	155	980,759	980,807	980,789	980,780	+ 9	+27	980,793	— 4	+14	Église Saint-André
La Châtre	46.34,9	1.59,1 E	222	980,723	980,791	980,766	980,759	+ 7	+32	980,772	— 6	+19	Théâtre
Saint-Amand-Montrond	46.43,3	2.30,7 E	162	980,752	980,802	980,784	980,772	+12	+30	980,785	— 1	+17	Église
Menat	46. 6,2	2.54,2 E	421*	980,618	980,748	980,700	980,716	—16	+32	980,729	—29	+19	Église
Clermont-Ferrand	45.45,2	3. 5,6 E	386	980,582	980,701	980,657	980,686	—29	+15	980,699	—42	+ 2	Laboratoire de Géologie
Gannat	46. 6,1	3.11,8 E	343	980,624	980,730	980,691	980,716	—25	+14	980,729	—38	+ 1	Église Sainte-Croix
Saint-Pourçain-sur-Sioule	46.18,5	3.17,3 E	249	980,665	980,742	980,714	980,734	—20	+ 8	980,747	—33	— 5	Église
Issoire	45.32,6	3.14,8 E	391	980,557	980,678	980,634	980,665	—31	+13	980,678	—44	0	Église Saint-Paul
Murat	45. 6,8	2.52,2 E	933	980,401	980,689	980,584	980,626	—42	+63	980,640	—56	+49	Église Notre-Dame
Aurillac	44.55,7	2.26,3 E	642*	980,453	980,651	980,578	980,609	—31	+42	980,623	—45	+28	Lycée
Maurs	44.42,6	2. 7,0 E	289	980,503	980,592	980,559	980,590	—31	+ 2	980,603	—44	—11	Église
Figeac	44.36,5	2. 2,0 E	195	980,529	980,589	980,567	980,581	—14	+ 8	980,594	—27	— 5	Église Saint-Sauveur
Villefranche de Rouergue	44.21,2	2. 2,2 E	269	980,490	980,573	980,543	980,557	—14	+16	980,571	—28	+ 2	Collégiale
Albi	43.55,6	2. 8,4 E	175	980,509	980,563	980,543	980,519	+24	+44	980,533	+10	+30	Cathédrale
Saint-Élix-le-Château	43.16,8	1. 8,2 E	239*	980,383	980,457	980,430	980,460	—30	— 3	980,474	—44	—17	Église
Saint-Gaudens	43. 6,5	0.43,4 E	404	980,341	980,466	980,420	980,445	—25	+21	980,459	—39	+ 7	Église
Bagnères-de-Bigorre	43. 3,8	0. 8,6 E	560	980,286	980,459	980,396	980,441	—45	+18	980,455	—59	+ 4	Observatoire
Orthez	43.29,3	0.46,7 W	66*	980,462	980,482	980,474	980,479	— 5	+ 3	980,493	—19	—11	Église
Bayonne	43.29,5	1.28,9 W	14	980,475	980,479	980,477	980,479	— 2	0	980,493	—16	—14	Cathédrale
Dax	43.42,5	1. 3,2 W	13	980,496	980,500	980,498	980,499	— 1	+ 1	980,513	—15	—13	Église
Mont-de-Marsan	43.53,6	0.29,9 W	48	980,512	980,527	980,522	980,516	+ 6	+11	980,530	— 8	— 3	Lycée
Marmande	44.29,9	0. 9,7 E	30	980,557	980,566	980,563	980,571	— 8	— 5	980,584	—21	—18	Église Notre-Dame
Périgueux	45.11,1	0.43,3 E	101	980,606	980,637	980,626	980,633	— 7	+ 4	980,646	—20	— 9	Cathédrale
Peyrehorade	43.32,8	1. 6,3 W	11	980,478	980,481	980,480	980,485	— 5	— 4	980,498	—18	—17	Église
Toulouse	43.36,7	1.27,8 E	196	980,443	980,503	980,481	980,490	— 9	+13	980,504	—23	— 1	Observatoire
Hagetmau	43.39,4	0.36,4 W	103	980,468	980,501	980,489	980,494	— 5	+ 7	980,508	—19	— 7	Église
Aire-sur-Adour	43.41,9	0.15,8 W	83	980,478	980,504	980,495	980,498	— 3	+ 6	980,512	—17	— 8	Cathédrale
Vic-Fezensac	43.45,6	0.18,0 E	123	980,479	980,517	980,503	980,504	— 1	+13	980,518	—15	— 1	Église
Lectoure	43.56,1	0.37,4 E	182	980,481	980,537	980,516	980,520	— 4	+17	980,533	—17	+ 4	Cathédrale
Agen	44.12,4	0.37,1 E	48	980,534	980,549	980,544	980,544	0	+ 5	980,558	—14	— 9	Cathédrale
Fumel	44.29,8	0.58,0 E	109	980,542	980,576	980,564	980,570	— 6	+ 6	980,584	—20	— 8	Église
Cahors	44.26,8	1.26,5 E	122	980,551	980,589	980,575	980,566	+ 9	+23	980,580	— 5	+ 9	Cathédrale
Rodez	44.21,1	2.34,4 E	632	980,409	980,604	980,533	980,557	—24	+47	980,571	—38	+33	Cathédrale
Saint-Geniez	44.27,8	2.58,2 E	431	980,446	980,579	980,530	980,567	—37	+12	980,581	—51	— 2	Église
Séverac-le-Château	44.19,3	3. 4,1 E	761*	980,378	980,613	980,527	980,555	—28	+58	980,568	—41	+45	Église
Naucelle	44.11,9	2.20,4 E	500	980,426	980,580	980,523	980,543	—20	+37	980,557	—34	+23	Église
Saint-Jean-Pied-de-Port	43. 7,8	1.14,3 W	166	980,425	980,476	980,457	980,447	+10	+29	980,461	— 4	+15	Église
Mende	44.31,0	3.29,9 E	738	980,389	980,617	980,534	980,572	—38	+45	980,586	—52	+31	Cathédrale

MÉCANIQUE DES FLUIDES. — *Sur les tourbillons en bandes dans les liquides.* Note [1] de M. VICTOR VOLKOVISKI, présentée par M. Henri Villat.

Au cours d'une étude consacrée aux tourbillons en bandes dans les liquides, nous nous sommes efforcés de préciser le rôle de la viscosité et celui du coefficient de diffusibilité de la chaleur.

En opérant avec une nappe plane d'une épaisseur variant de $0^{mm},5$ à 3^{mm}, nous avons constaté que λ/h était fonction de μ et de $\varkappa = K/C\rho$. La vitesse d'ensemble maintenue sensiblement constante, ce rapport croît quand μ diminue, il décroît quand $\varkappa$ diminue.

H. Journaud [2] a donné l'explication de la divergence de résultats de mesures de λ/h effectuées d'une part par H. Bénard et C. Dauzère, d'autre part par T. Terada et par lui-même, en faisant intervenir l'influence de la viscosité.

Plus récemment P. Vernotte [3] a proposé une nouvelle méthode de calcul de λ/h. Dans cette méthode, qui ne peut être évidemment qu'une première approximation, il a calculé les dimensions que les équations de l'hydrodynamique permettaient d'attribuer aux tourbillons susceptibles d'être entretenus, en faisant abstraction de la cause de l'entretien.

Les résultats sont donc forcément indépendants de μ et de $\varkappa$. Une telle indépendance serait d'ailleurs impossible dans une théorie rigoureuse, si l'on admet les équations de Boussinesq.

En effet, écrivons ces équations sous la forme suivante :

$$\frac{D(\Delta\psi, \psi)}{D(x, y)} - \gamma\frac{\partial\theta}{\partial x} = \nu\,\Delta\Delta\psi, \qquad \text{où} \quad \nu = \frac{\mu}{\rho},$$

$$\frac{D(\psi, \theta)}{D(x, y)} = \varkappa\,\Delta\theta, \qquad \text{où} \quad \varkappa = \frac{K}{C\rho},$$

avec

$$u = \frac{\partial\psi}{\partial y} \quad \text{et} \quad v = -\frac{\partial\psi}{\partial x}.$$

Pour que le mouvement soit indépendant de ν et $\varkappa$, il faut

$$\frac{D(\Delta\psi, \psi)}{D(x, y)} = \gamma\frac{\partial\theta}{\partial x} \quad \text{et} \quad \frac{D(\psi, \theta)}{D(x, y)} = 0.$$

---

(1) Séance du 10 mai 1937.

(2) *Comptes rendus*, 194, 1932, p. 52.

(3) *Comptes rendus*, 202, 1936, p. 43.

La dernière équation donne

$$\psi = f(\theta).$$

Il faudrait donc que le long de chaque trajectoire θ reste constant. Cette hypothèse semble physiquement inadmissible.

Quant à la stabilité du phénomène, elle dépend du gradient vertical de température, et en outre, de la viscosité et de la vitesse U d'écoulement de la lame liquide.

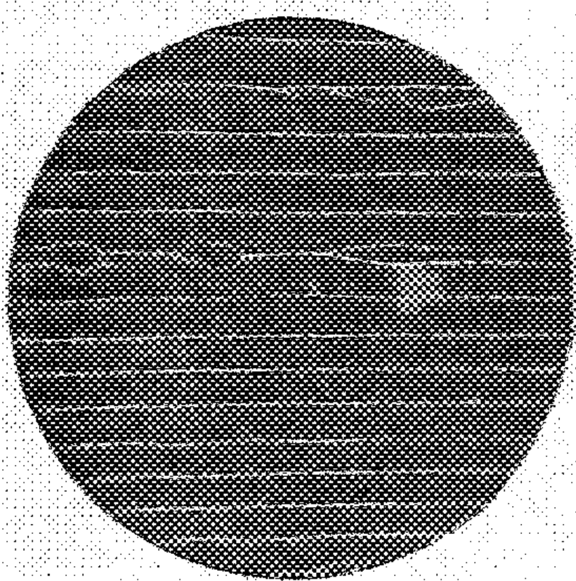


Fig. 1.

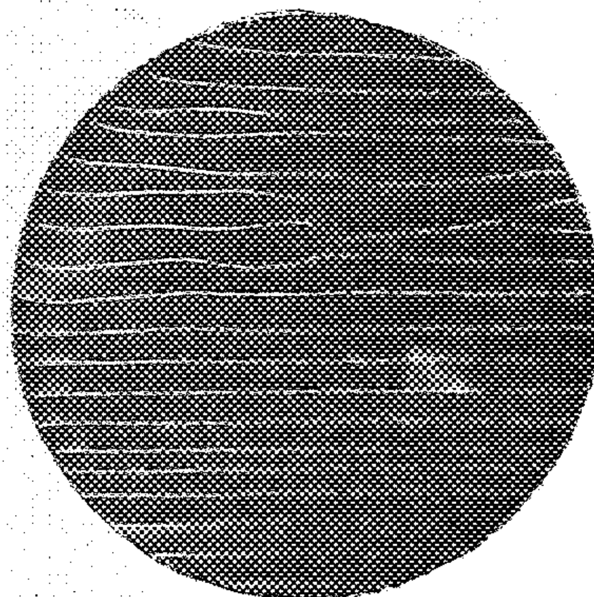


Fig. 2.

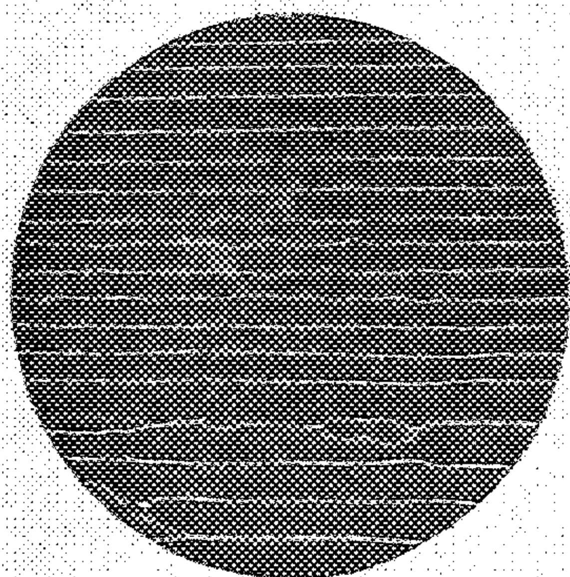


Fig. 3.

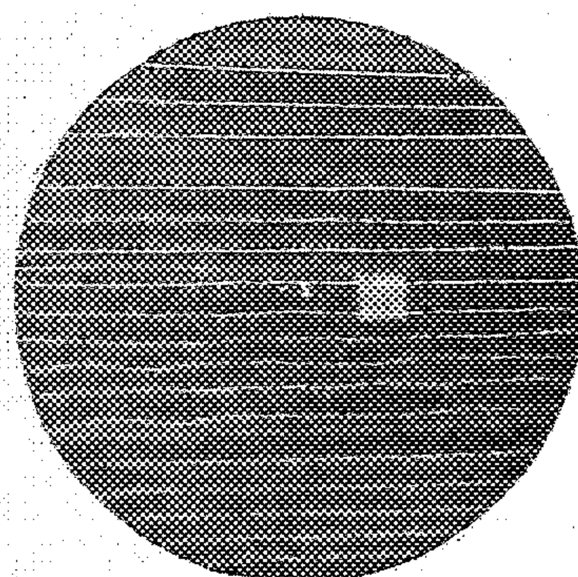


Fig. 4.

En particulier, on observe qu'un régime devenu instable par une légère augmentation du gradient de température, peut être rendu stable en augmentant la vitesse d'écoulement. En fait, il existe pour un liquide donné une valeur déterminée de U au-dessous de laquelle les tourbillons en bandes se fractionnent en tourbillons cellulaires.

Lorsqu'un régime stable se trouve troublé par déplacement d'un obstacle en amont de l'écoulement, le mouvement se désorganise mais tend à revenir à l'état primitif. Les figures 1 et 2 montrent les dernières

phases de disparition d'une telle perturbation. On notera la forme d'une cellule en profil d'aile se déplaçant la pointe en avant.

On voit sur la figure 3 la naissance des cellules due à la variation du gradient de température.

La figure 4 montre la variation de la largeur des bandes quand l'épaisseur du liquide n'est pas uniforme. On remarque la présence des stries sinusoïdales que l'on peut rapprocher des formes ondulées des tourbillons en bandes dans l'air indiquées par D. Avsec ([1]).

MAGNÉTISME. — *Sur l'expression élémentaire de l'énergie affectant une particule magnétique de très petites dimensions dans un champ magnétisant.* Note de M. **André Guilbert**, présentée par M. Charles Fabry.

Lorsque le champ magnétique $\mathcal{H}$ et l'induction $\mathcal{B}$ sont variables en grandeur et direction, les variations élémentaires d'énergie dans un petit volume ΔV d'une substance magnétique homogène sont données par

$$\Delta W = \frac{1}{4\pi}(\mathcal{H}.\partial\mathcal{B})\,\Delta V, \qquad (1)$$

$\partial\mathcal{B}$ étant l'accroissement vectoriel de $\mathcal{B}$ par rapport à $\vec{\mathcal{H}}$ et $(\mathcal{H}.\partial\mathcal{B})$ le produit scalaire des vecteurs $\mathcal{H}$ et $\partial\mathcal{B}$.

Dans le cas d'une substance hétérogène, une suspension de particules magnétiques dans un milieu non magnétique par exemple, il est permis de grouper en un seul terme la variation d'énergie dans une particule et celle relative à l'espace environnant de par l'influence de cette particule.

Appelons :

1° $\mathcal{H}$ le champ extérieur, le même dans toute une particule et sa zone d'influence en raison de leur petitesse;

2° à l'intérieur de cette particule et les mêmes en tous points, $\mathcal{J}$ l'intensité d'aimantation, $\mathcal{H}_d$ le champ démagnétisant opposé à $\mathcal{J}$, $\mathcal{B}$ l'induction, résultante de $4\pi\mathcal{J} - \mathcal{H}_d$ et $\mathcal{H}$, α l'angle entre $\mathcal{B}$ et $\mathcal{H}$, β l'angle entre $\mathcal{J}$ et $\mathcal{B}$;

3° en un point de sa zone d'influence, $\mathcal{H}_m$ le champ d'influence de la particule, lié à $\mathcal{H}_d$ le long d'une ligne de force propre à ces champs par

$$\int_I \mathcal{H}_d\, dl_I = \int_E \mathcal{H}_m\, dl_E \qquad (2)$$

([1]) *Comptes rendus*, 204, 1937, p. 167.

(les indices I et E affectant les grandeurs ou opérations intérieures et extérieures à la particule), $\mathcal{H}_{V_E}$ le champ réel, résultante de $\mathcal{H}_m$ et $\mathcal{H}$, α_E l'angle entre $\mathcal{H}_{V_E}$ et $\mathcal{H}$ et β_E l'angle entre $\mathcal{H}_m$ et $\mathcal{H}_{V_E}$.

Alors (1), étendu à une particule et à sa zone d'influence, donne

$$(3)\quad \Delta W = \frac{1}{4\pi}(\mathcal{H}\cos\alpha - \mathcal{H}_d\cos\beta)\,d\mathcal{B}_r\,\Delta V + \frac{1}{4\pi}\iiint_E (\mathcal{H}\cos\alpha_E + \mathcal{H}_m\cos\beta_E)\,d\mathcal{H}_{V_E}\,dv - \mathcal{J}\mathcal{H}\sin(\alpha+\beta)\,\Delta V\,d(\alpha+\beta),$$

$d\mathcal{B}_r$ étant la variation radiale de $\mathcal{B}$ et $d\mathcal{H}_{V_E}$ celle de $\mathcal{H}_{V_E}$ qui en résulte en supposant inchangé le tracé des lignes de force.

En prenant pour dv le volume d'un cylindre de base ds_E, de hauteur dl_E compris entre deux surfaces de niveau Σ et Σ' de $\mathcal{H}_m$, d'où résulte que $\mathcal{H}_m\,dl_E$ est partout le même le long de Σ, le deuxième terme de (3) devient

$$(4)\quad \frac{1}{4\pi}\left[\iiint_E \mathcal{H}\,d\mathcal{H}\,dv + \iint_E \mathcal{H}\cos(\alpha_E+\beta_E)\,ds_E\int_E d.\mathcal{H}_m\,dl_E + \iint\cos\beta_E\,d\mathcal{H}_{V_E}\,ds_E\int_E \mathcal{H}_m\,dl_E\right].$$

Le premier terme est la variation d'énergie liée à l'existence du champ $\mathcal{H}$ seul, abstraction faite de l'influence de la particule.

La particule peut être assimilée dans sa forme à un cylindre droit de base δs_I normale à $\mathcal{J}$ et de hauteur δl_I. La relation (2), devenant

$$\mathcal{H}_d\,\delta l_I = \int_E \mathcal{H}_m\,dl_E = \mathcal{H}_{m_0}\,\delta l_E,$$

permet, en posant

$$(5)\quad \mathcal{H}_{m_0} = 4\pi\mathcal{J} - \mathcal{H}_d,$$

de concevoir un prolongement du cylindre-particule de longueur δl_E, de volume ΔV, où régnerait partout $\mathcal{B}$.

$\iint_E \mathcal{H}\cos(\alpha_E+\beta_E)\,ds_E$ est le flux de $\mathcal{H}$ à travers Σ, soit $\mathcal{H}\cos(\alpha+\beta)\,\delta s_I$;

$\iint_E \cos\beta_E\,d\mathcal{H}_{V_E}\,ds_E$ est la variation du flux émané de la particule, soit

$$\cos\beta\,d\mathcal{B}_r\,\delta s_I;$$

(4) devient donc

$$(6)\quad \frac{1}{4\pi}[\mathcal{H}\,d\mathcal{H}\,\Delta V_E + \mathcal{H}\cos(\alpha+\beta)\,ds_I\,d\mathcal{H}_{m_0}\,\delta l_E + \cos\beta\,d\mathcal{B}_r\,\delta s_I\,\mathcal{H}_d\,\delta l_I] = \frac{1}{4\pi}[\mathcal{H}\cos\alpha\,\Delta V_E + \mathcal{H}_d\cos\beta\,\Delta V]\,d\mathcal{B}_r.$$

(5) permet d'écrire

$$\mathcal{H}_{m_0}\, ds_I\, \delta l_I = (4\pi\mathcal{J} - \mathcal{H}_d)\, \delta s_I\, \delta l_I = 4\pi\mathcal{J}\, \delta s_I\, \delta l_I - \mathcal{H}_{m_0}\, \delta s_I\, \delta l_E;$$

d'où, en posant $\Delta V_T = \Delta V + \Delta V_E$,

$$4\pi\mathcal{J}\,\Delta V = \mathcal{H}_{m_0}\,\Delta V_T.$$

Le dernier terme de (3) s'identifie avec

$$(7)\qquad -\frac{\mathcal{H}\mathcal{H}_{m_0}}{4\pi}\sin(\alpha+\beta)\,\Delta V_T\, d(\alpha+\beta) = -\frac{\mathcal{H}\mathcal{B}}{4\pi}\sin\alpha\,\Delta V_T\, d\alpha.$$

Finalement, en vertu de (6) et de (7), (3) devient

$$\Delta W = \frac{1}{4\pi}(\mathcal{H}\cos\alpha\, d\mathcal{B}_r - \mathcal{H}\mathcal{B}\sin\alpha\, d\alpha)\,\Delta V_T,$$

qui s'identifie avec (1) en remplaçant ΔV par $\Delta V_T = 4\pi\mathcal{J}\,\Delta V/4\pi\mathcal{J} - \mathcal{H}d$.

Une fois l'induction déterminée, le champ démagnétisant n'a plus à intervenir si l'on augmente convenablement le volume de la particule. Tout se passe alors comme si la particule était un élément de volume d'un milieu homogène indéfini et comme si l'espace environnant n'était pas soumis à son influence.

MAGNÉTISME. — *Identification de diverses phases par l'étude magnétique et les rayons X dans les alliages de fer et de palladium.* Note [1] de MM. **Raymond Hocart** et **Maurice Fallot**, transmise par M. Pierre Weiss.

Les alliages de fer et de palladium offrent un exemple de transformations de nature énigmatique comme on en rencontre souvent dans les alliages. Dans cette Note, nous les attribuons à l'existence de phases multiples, difficiles à séparer.

Tout d'abord, l'étude magnétique nous a montré que le fer ne peut dissoudre que 5 pour 100 (atom.) environ de palladium, tandis que les autres éléments de la famille du platine donnent des solutions solides avec le fer dans un domaine beaucoup plus étendu.

Au delà de 5 pour 100 de palladium, et jusqu'à 40 pour 100, on trouve, quel que soit le titre, deux points de Curie, situés à 764°C. et à 432°C. Ils

(1) Séance du 10 mai 1937.

caractérisent deux limites de solutions solides, indiquant ainsi un mélange de deux phases.

Si l'on augmente la proportion de palladium au delà de 40 pour 100, on retrouve une région de solution solide, dans laquelle les alliages ont des propriétés qui diffèrent, selon le traitement thermique subi : les points de Curie des alliages trempés à partir de 1150°C. décroissent régulièrement; au contraire, les alliages recuits une centaine d'heures entre 800°C. et 400°C. présentent deux maxima de points de Curie, pour des concentrations voisines de FePd (48 pour 100 atom.) et $FePd^3$ (74 pour 100 atom.).

Un maximum analogue existe dans le cas des fer-platine pour la composition Fe-Pt, à laquelle correspond (²) une nouvelle phase α, qui reste d'ailleurs mélangée à la phase dominante γ (³). On pouvait alors se demander si, dans les alliages de fer et de palladium, les maxima de points de Curie étaient liés à l'existence d'une phase particulière à l'état recuit.

Cette recherche fut faite par les rayons X (Méthode Debye-Scherrer; K_α du cobalt; poses de 10 heures et de 20 heures. Dans les mêmes conditions d'emploi, un bâtonnet de fer donne un diagramme excellent en 1 heure).

Les échantillons trempés montrent une phase γ, à répartition statistique des atomes dans un réseau cubique à faces centrées; son domaine d'existence s'étend de 40 à 100 pour 100 de palladium.

Les diagrammes X des échantillons recuits font apparaître deux phases : l'une dominante, qui est la phase γ précédente, l'autre, présente seulement en petite quantité.

Le tableau ci-dessous donne la composition, la symétrie et les dimensions réticulaires de ces diverses phases :

I. *Phase dominante* γ. — Solution solide; maille cubique à faces centrées.

Titre atomique en palladium	40 %	48 %	74 %
Côté de la maille, en angströms	$3,76_5$	3,78	$3,84_5$

II. *Phases additionnelles à domaine d'existence restreint :*

Titre atomique en palladium	40 %	48 %	74 %
Côté de la maille	phase inexistante	$3,7_5$	$3,76_5$

Ce tableau montre que le paramètre absolu de la solution solide γ varie

(²) L. Graf et A. Kussmann, *Phys. Z.*, 36, 1935, p. 544.

(³) Nous appelons phase α le réseau du cube centré et phase γ le réseau du cube à faces centrées.

presque linéairement en fonction du titre, de 40 pour 100 à 75 pour 100.

L'alliage à 40 pour 100, qui ne présente aucune particularité d'ordre magnétique, même par le recuit, montre seulement la phase γ dans son diagramme X.

Les deux phases FePd et $FePd^3$ se forment toutes deux avec contraction de volume par rapport à la solution solide. Toutes deux apparaissent comme ayant une répartition statistique des atomes, les seules raies présentes, d'intensité très faible par rapport aux raies données par la solution solide, ayant des indices tels (tous pairs ou tous impairs) qu'ils ne permettent pas de définir une répartition régulière des atomes, si elle existe.

A signaler cependant deux observations intéressantes :

1° Phase $FePd^3$. Il y a orientation moyenne autour d'un axe ternaire. Quelques cristallites individualisés donnent des amorces de strates sur le diagramme de poudre, d'où un paramètre voisin de 13,4 Å; ce paramètre, qui est le double de celui de la rangée [111] dans une maille cubique de côté égal à 3,76 Å, fait soupçonner l'existence d'une maille-période plus grande que la maille cubique indiquée plus haut pour $FePd^3$.

2° Phase FePd. La raie (220) de cette phase est absente du diagramme X, tandis que les autres raies sont faibles mais nettes. En revanche, une raie floue apparaît en deçà de la raie (220) de la solution solide, vers les petits angles de diffraction. L'équidistance relative moyenne calculée à partir de ce flou est de 1,35 Å; elle est donc plus grande que l'équidistance relative de la solution solide dominante qui est $1,33_5$ Å. Pour le palladium, on aurait 1,37 Å. Ces équidistances relatives correspondent aux plans structuraux (110) dont la succession définit la distance de deux centres atomiques voisins.

Dans la phase FePd, une déformation hétérogène de l'assemblage matériel fait donc apparaître une distance atomique plus grande que dans la solution solide du même titre.

L'examen aux rayons X confirme donc pleinement, en précisant leur nature, l'existence des phases particulières décelées par l'étude magnétique, dont la composition approchée est FePd et $FePd^3$. Ces phases n'apparaissent que par des recuits prolongés.

SPECTROSCOPIE. — *Spectre d'absorption de l'oxyde azotique à l'état liquide.* Note de M. **Boris Vodar**, présentée par M. Charles Fabry.

On a mesuré quantitativement l'absorption de l'oxyde azotique liquide dans le visible et l'ultraviolet, sous des épaisseurs comprises entre 2^{cm} et $0^{cm},053$. La méthode employée a été décrite dans une Note précédente; le

liquide existe entre — 163° et — 150°,2, sous la pression atmosphérique. Comme liquide cryostatique on a employé le butane liquéfié, bien fluide à ces températures.

Le gaz a été préparé dans un appareil étanche, entièrement en verre, par l'action de l'acide sulfurique dilué sur une solution diluée de nitrite de soude; les traces d'oxydes supérieurs sont arrêtées par de l'acide sulfurique concentré; on dessèche le gaz sur de l'anhydride phosphorique. Une préparation donne de 100 à 200g d'un solide bleu clair déjà très pur.

Sous 2cm l'oxyde azotique a été étudié avec un spectrographe à optique de verre donnant 20 Å au millimètre vers 4500 Å, il présente un spectre continu avec un minimum d'absorption vers 4600 Å.

λ(Å).	4150.	4200.	4250.	4350.	4500.	4750.	5000.
ε...........	0,46	0,32	0,225	0,17	0,15	0,15	0,18
λ(Å).	5250.	5500.	5750.	6000.	6250.	6350.	
ε...........	0,235	0,29	0,34	0,40	0,46	0,48	

On n'a pas trouvé de variation avec la température entre — 155° et — 147°C. De nombreuses mesures faites avec des oxydes de diverses puretés initiales ont conduit à des résultats concordants. La purification est donc efficace. On a étudié aussi l'oxyde azotique sous des épaisseurs plus faibles, en vue d'une comparaison avec le gaz, au moyen d'un spectrographe à optique de quartz donnant 35 Å au millimètre vers 3900 Å. On rend les faces de la cuve bien horizontales, par comparaison optique avec une surface de mercure, et l'on condense sur la face inférieure des volumes connus d'oxyde azotique gazeux, on déduit de là le volume du liquide.

Pour déterminer les épaisseurs, on condense des volumes connus d'un liquide dont on a déterminé au préalable les coefficients d'extinction; on a choisi l'acétone; les épaisseurs sont ainsi connues avec la même précision quelle que soit leur valeur absolue (de 10mm à 0mm,5). L'absorption de NO croît très vite ($\varepsilon = 15,1$ pour $\lambda = 3916$); il n'y a pas de région de transparence pour des longueurs d'onde plus faibles. Le liquide est à masse égale, beaucoup plus absorbant que le gaz.

On admet d'habitude que la couleur bleue de NO lui est propre; dans le but de vérifier qu'elle n'est pas due à la présence de N^2O^3 on a étudié N^2O^3 en solution dans N^2O liquide.

La solution présente un minimum d'absorption vers 4600 Å, mais, vers les grandes longueurs d'onde, l'absorption croît beaucoup plus vite que pour NO. On a condensé l'oxyde azotique liquide sur la face inférieure sans en con-

denser sur la face supérieure (distante de 1^{cm}) et on l'a maintenu (parfois pendant près de 20 heures) en utilisant le gradient de température qui existe dans un vase de Dewar assez long partiellement rempli d'air liquide.

Le gaz au-dessus du liquide est transparent sous l'épaisseur (moins 2^{cm}) et la pression (jusqu'à 100^{cm} de Hg) utilisés. Pour l'acétone, il faut tenir compte de l'absorption du gaz.

D'autre part l'oxyde azotique liquide est coloré en vert clair par des parcelles de N^2O^3 solide; mais cette coloration semble due à la présence de N^2O^4; en effet, si l'on condense NO sur N^2O^4, maintenu à la température de l'air liquide, il n'y a *pas formation de* N^2O^3, mais coloration de NO en vert au moment de la fusion.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Influence du solvant sur les spectres d'absorption de l'acétylacétonate de néodyme.* Note de Mlle **Milka Radoïtchitch**, présentée par M. Georges Urbain.

La nature du solvant a une influence sur les spectres d'absorption des sels de terres rares, influence partiellement due, d'après certains auteurs [1], à la constante diélectrique du solvant considéré.

Nous avons entrepris une étude des spectres d'absorption d'acétylacétonate de néodyme dans les solvants organiques suivants : alcools méthylique, éthylique, propylique, isopropylique, butylique, isobutylique, tétrachlorure de carbone, sulfure de carbone, chloroforme, iodure de méthyle, iodure d'éthyle, perchloréthylène, dichloréthane, bromure d'éthylène, chlorure de butyle, bromure de butyle, bromure d'isoamyle, acétate d'éthyle, acétate de butyle, glycol, benzène, toluène, ortho-méta- et paraxylènes, monochlorbenzène, monobrombenzène, nitrobenzène, orthonitrotoluène, aniline, orthotoluidine, diméthylaniline, métacrésol, alcool benzylique, alcool phényléthylique, cyanure de benzyle, aldéhyde benzoïque, aldéhyde anisique, salicylate de méthyle.

Nous avons fait des mesures dans les solvants purs et non dans des mélanges (comme l'avait fait Uzumasa), afin d'éviter l'influence mutuelle des solvants. La concentration employée a été d'un centième de moléculegramme par litre pour toutes les solutions, étant donné qu'il y avait satu-

---

(1) Y. Uzumasa et ses collaborateurs, *Bull. Chem. Soc. Japan*, 6, 1931, p. 147; 7, 1932, p. 85.

ration dans un grand nombre de cas. Les épaisseurs des cuves employées étaient de 5, 10, 20, 30^{cm}. Les spectres obtenus montrent trois régions d'absorption où les bandes sont plus ou moins nettes ; ce sont la région de 5700-6000 Å, 5200-5350 Å et la région voisine de 4310 Å. La bande de la région 5100-5150 Å est large et diffuse, de même pour les bandes de la région de 4700-4900 Å qu'on voit à peine.

Nous avons observé que les bandes d'absorption dépendent du solvant utilisé, et nous avons constaté suivant les cas : 1° un déplacement régulier du système de bandes sans changement de structure et sans déformation ; 2° un déplacement irrégulier des raies avec changement de structure.

Dans un solvant nous avons plusieurs maxima nets et accentués, les raies sont fines, tandis que dans un autre les bandes sont diffuses. Dans une région spectrale nous notons un déplacement, quoique léger, dans une autre il n'y a pas ou presque pas de déplacement. Dans une région déterminée un maximum est parfois déplacé dans un sens alors le maximum suivant n'est pas déplacé, ou bien le déplacement se produit en sens inverse ; de même les rapports d'intensité des maxima sont quelque fois différents ; un cas typique se présente pour $C^6H^5NH^2$ par rapport à C^6H^6. Il y a des cas où les bandes deviennent tellement floues qu'elles se dissimulent presque tout à fait en donnant une ou deux larges bandes diffuses (par exemple dans le cas de l'aldéhyde benzoïque).

La constitution chimique du solvant joue un rôle ; il a y formation de complexes avec certains solvants, et ces complexes sont plus ou moins robustes dans la solution.

Ni la constante diélectrique, ni le moment électrique ne peuvent suffire à expliquer nettement les effets observés. Leur influence semble évidente, mais il existe plusieurs facteurs qui interviennent et qui s'influencent mutuellement, ce qui complique les comparaisons.

PHYSICOCHIMIE. — *Sur la relation qui existe entre la température de la transformation et la variation d'indice pour plusieurs sortes de verres.* Note (¹) de Mme **Niuta Winter-Klein**, présentée par M. Charles Fabry.

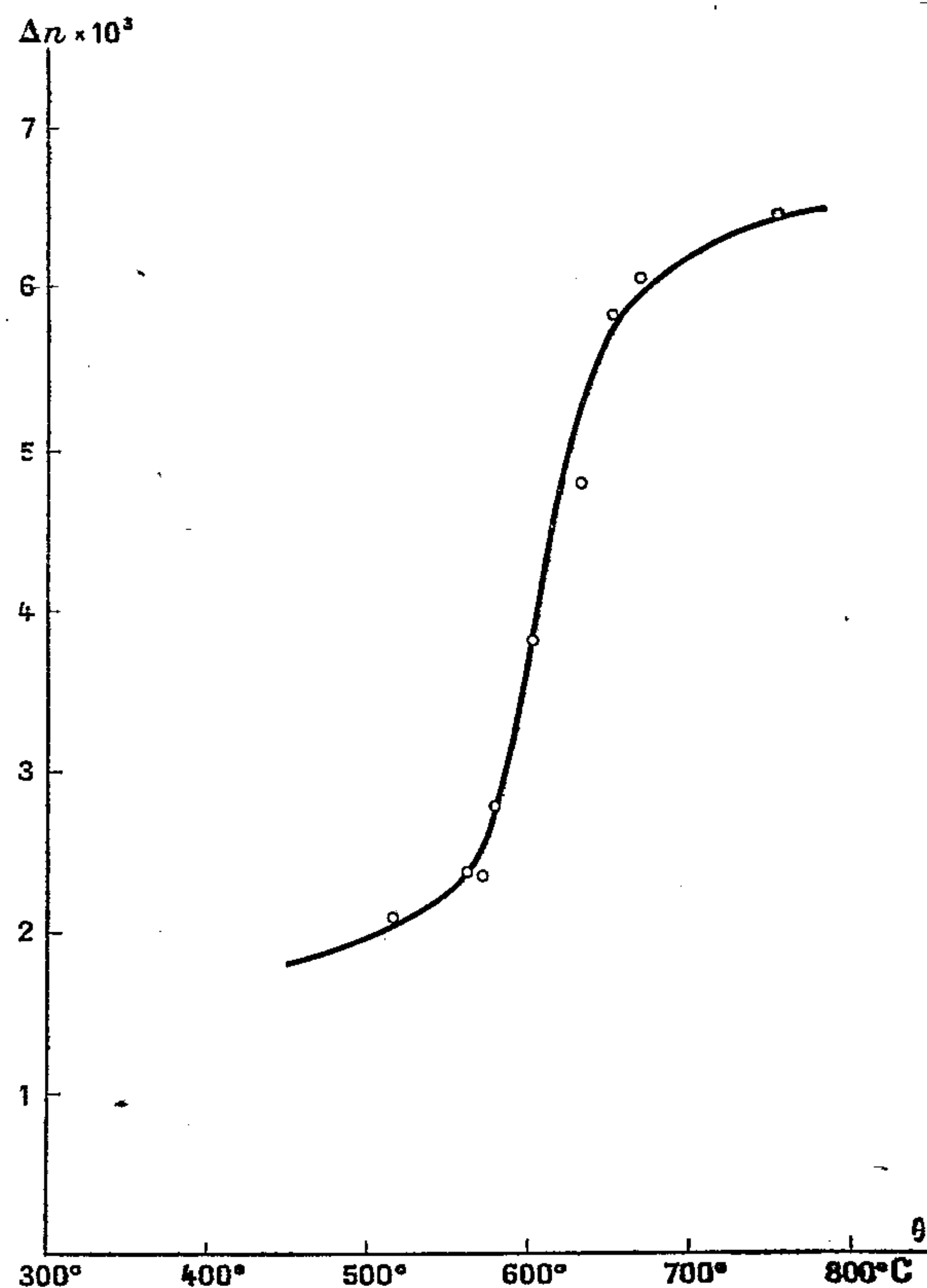
Nous avons étudié (²) comment varient les propriétés physiques d'un verre bien recuit en fonction de la température à partir de laquelle on l'a

(¹) Séance du 10 mai 1937.

(²) *Comptes rendus*, 200, 1935, p. 1320 ; *Revue d'Optique*, 15, 1936, p. 285.

refroidi. Le paramètre employé pour caractériser les propriétés physiques était l'indice de réfraction.

La présente Note a pour but d'effectuer la comparaison entre différentes sortes de verre. En prenant toujours le même paramètre, l'indice de réfrac-



Les verres employés pour tracer cette courbe sont : baryum crown dense ($\Delta n = 6{,}5 \times 10^{-3}$); borosilicate crown ($\Delta n = 6{,}1 \times 10^{-3}$); baryum crown léger ($\Delta n = 5{,}9 \times 10^{-3}$); borosilicate crown ($\Delta n = 5{,}8 \times 10^{-3}$); flint baryte ($\Delta n = 4{,}8 \times 10^{-3}$); fluor crown ($\Delta n = 3{,}9 \times 10^{-3}$); flint extra-dense ($\Delta n = 2{,}8 \times 10^{-3}$); crown haute dispersion ($\Delta n = 2{,}6 \times 10^{-3}$); flint dense ($\Delta n = 2{,}6 \times 10^{-3}$); flint léger ($\Delta n = 2{,}1 \times 10^{-3}$).

tion, on compare pour les différents verres les variations maxima de ce paramètre au cours de la transformation.

Rappelons brièvement la méthode employée. Un plateau du verre étudié, finement recuit, a été débité en morceaux $5^{mm} \times 5^{mm} \times 1^{mm}$ environ. Ces morceaux ont été placés dans un four et chauffés avec une vitesse de 4° par minute. Une étude préliminaire rapide permet de déterminer approxima-

tivement les températures intéressantes [coudes supérieur et inférieur de la courbe, point d'inflexion de la partie descendante (³)].

On sait ainsi d'avance quand il faut prélever quelques échantillons chauffés. Ces échantillons rapidement sortis du four sont refroidis à l'air et leur indice mesuré à la température ambiante. La variation d'indice en fonction de la température de sortie du four affecte une allure analogue pour tous ces verres (³). Nous appelons *point de transformation* θ_β la température à partir de laquelle le verre se trouve en variété β à la précision des mesures près (l'indice redevient constant à 5×10^{-5} près) (⁴). Soit Δn la variation maxima d'indice observée entre la variété α pur et β pur. Les deux quantités Δn et θ_β sont caractéristiques pour un verre donné, mais varient d'un verre à l'autre. Nous avons observé qu'une relation existe entre ces deux grandeurs : un point de transformation plus élevé est accompagné toujours par une variation Δn plus grande. Les points $\Delta n = f(\theta_\beta)$ déterminent une courbe en S tracée ci-dessus.

Cette courbe peut servir pour déterminer d'avance l'indice n_α d'un verre en α pur (c'est-à-dire dans son état le plus stable et le plus apte à être utilisé dans les instruments de précision). Prenons en effet un verre à sa sortie du creuset de fusion; il a été refroidi rapidement, il est donc en variété β presque pur. Mesurons son indice n_β. Déterminons ensuite rapidement la température θ_β au moyen d'un dilatomètre de Chevenard (⁵).

La courbe donne alors Δn et par conséquent $n_\alpha = n_\beta + \Delta n$. La connaissance de n_α permet de savoir si le recuit d'une fonte est suffisant pour l'emploi qu'on se propose.

Au point de vue théorique, la courbe $\Delta n = f(\theta_\beta)$ permettra peut-être de tirer quelques conclusions au sujet de la structure du verre, en particulier de la relation entre le verre, le quartz et la silice fondue. Dans ce but, il serait intéressant de voir si pour ces derniers corps les points $\Delta n = f(\theta_\beta)$ se placent sur la courbe précédente.

(³) Pour la description des courbes de variation d'indice voir LEBEDEFF, *Revue d'Optique*, 5, 1926, p. 7; N. KLEIN, *Comptes rendus*, 200, 1935, p. 285; *Revue d'Optique*, 15, 1936, p. 285.

(⁴) Je prends le point θ_β au lieu de prendre θ_M le point d'inflexion d'une courbe, parce que θ_β peut être déterminé bien plus facilement avec plus de précision.

(⁵) θ_β est la température au-dessous de laquelle la transformation de β en α commence, donc au-dessous de θ_β le coefficient de dilatation commence à varier ainsi que l'indice de réfraction. Le premier permet une détermination plus rapide dans le cas actuel.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur les propriétés physiques et mécaniques du fer pur en fonction de l'écrouissage.* Note (¹) de MM. **W. Broniewski** et **I. St. Glotz**, présentée par M. G. Charpy.

Les notions empiriques sur l'écrouissage des métaux exposés par Réaumur dans *Art de l'épinglier* (1761) résument tout ce qu'on savait à ce sujet jusqu'à la fin du XIXe siècle.

L'étude scientifique de l'écrouissage fut entreprise en 1893 par M. G. Charpy, qui établit l'influence de la température du recuit sur les propriétés mécaniques d'un métal écroui et mit en évidence par la micrographie les changements correspondants de sa structure (²).

Une étude ultérieure sur le même sujet, restée classique, était due à M. Grard (1909). Le changement de certaines propriétés des aciers en fonction de l'écrouissage avait été étudié par M. Goerens (1913), alors que M. Tammann (1936) donna quelques indications à ce sujet pour des métaux fortement écrouis.

Ces données étaient dépourvues de continuité et il nous a paru utile d'entreprendre une étude systématique sur les propriétés physiques et mécaniques du fer en fonction de son écrouissage.

Le fer électrolytique, de provenance française, fondu dans le vide et solidifié sous pression dans un four à haute fréquence ne contenait comme impureté que $P = 0,004$ pour 100 et $S = 0,001$ pour 100.

Les lingots ainsi obtenus étaient laminés et étirés en fils de 5^{mm} de diamètre dont l'écrouissage (Z pour 100) était défini par la réduction de la section rapportée à la section *primitive* et exprimé en pour 100.

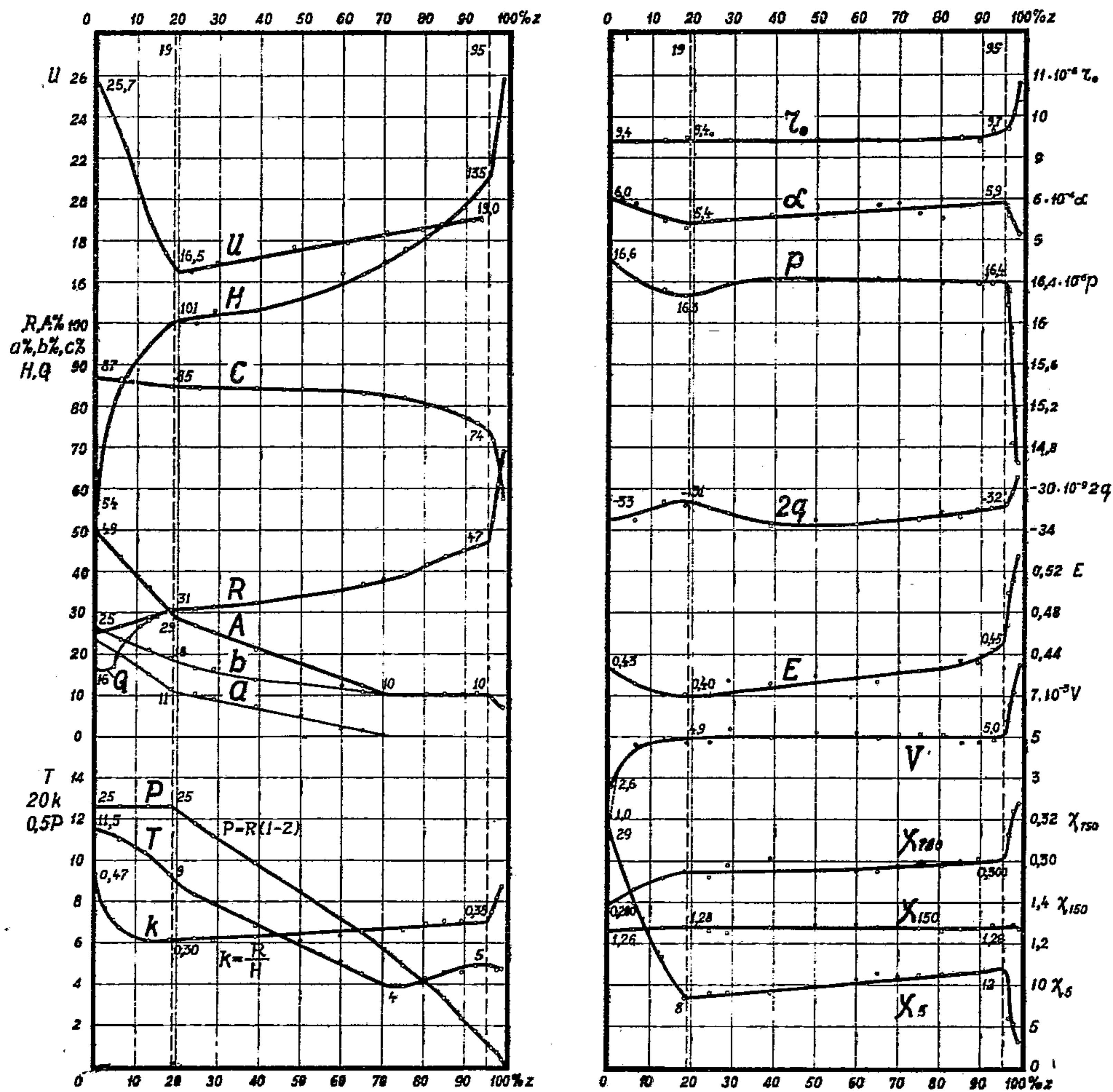
Les résultats obtenus pour la variation des propriétés physiques et mécaniques en fonction de l'écrouissage sont reproduits sur la figure ci-après.

On voit le métal non écroui égaler le cuivre par son allongement à la traction (A pour 100 = 49). Le palier de la courbe de traction marquant la limite élastique donne lieu à un allongement de 4 pour 100 et disparaît pour un écrouissage voisin de 4 pour 100.

Sur la majeure partie des diagrammes on peut reconnaître à 19 et à 95 pour 100 d'écrouissage les limites des trois phases qui avaient déjà été

(¹) Séance du 10 mai 1937.

(²) G. Charpy, *Comptes rendus*, **126**, 1893, p. 1131 ; **127**, 1893, p. 850.



Écrouissage pour 100.

Z %, écrouissage; U, résilience en kg/cm², petite éprouvette allemande brisée sur mouton-pendule Charpy; H, dureté Brinell par empreintes microscopiques; φ %, striction; R et Q, résistance à la traction et limite élastique en kg/mm²; A %, *a* % et *b* %, allongements à la traction total, proportionnel et de striction; T, travail de rupture de l'éprouvette à la traction; r_0, résistance électrique spécifique à 0° en ohms; α_{0-100}, coefficient de température de la résistance électrique entre 0° + 100°; p_0, pouvoir thermoélectrique à 0°, rapporté au plomb en volts; $2q$, variation du pouvoir thermoélectrique entre — 78° et 100°; E, force électromotrice de dissolution en solution normale de chlorure ferrique par rapport à une électrode normale au mercure en volts; V, perte en ergs par gramme pour un cycle d'hystérésis dans un champ de 150 gauss; χ_5, χ_{150} et χ_{750} coefficients d'aimantation dans des champs de 5, 150 st 750 gauss.

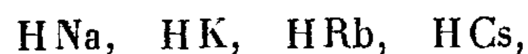
signalées dans une Note sur le fer Armco ([3]) et furent ensuite retrouvées pour le laiton (Broniewski et Pelczynski, 1934), le bronze (Broniewski et Szreniawski, 1936) et le cuivre (Krupkowski, 1936).

Les variations des propriétés physiques ont lieu dans la première et surtout dans la troisième phase d'écrouissage alors que dans la deuxième phase le métal se comporte comme s'il était formé par un mélange de deux autres.

On voit sur les diagrammes que l'écrouissage influence particulièrement les propriétés mécaniques et magnétiques. Les autres propriétés physiques ne paraissent varier sensiblement que dans le domaine de la troisième phase d'écrouissage.

CHIMIE MINÉRALE. — *Combinaisons de l'Isotope 2 de l'hydrogène avec les métaux alcalins (deutériures alcalins).* Note de MM. **Louis Hackspill** et **André Borocco**, présentée par M. Marcel Delépine.

Henri Moissan a préparé à l'état cristallisé les hydrures de sodium ([1]), potassium ([2]), rubidium ([3]), cæsium ([4]). Il a déterminé leurs formules;



$$HNa, \quad HK, \quad HRb, \quad HCs,$$

ainsi que leurs propriétés.

Ce que nous savions du deutérium et de ses composés rendait extrêmement probable l'existence de combinaisons analogues de cet isotope de l'hydrogène avec les métaux alcalins. Le deutérium est un corps trop précieux pour que l'on puisse songer à utiliser sans modification le mode de préparation décrit par Moissan, consistant à faire passer un courant d'hydrogène pur et sec sur le métal chauffé, sans se préoccuper de la récupération du gaz non combiné.

Nous avons opéré chaque préparation avec 600^{cm^3} à 700^{cm^3} de gaz, contenu dans une cloche reposant sur le mercure et amené par une canalisation de verre pyrex au contact du métal chauffé dans une nacelle de

([3]) Broniewski et Krol, *Comptes Rendus*, **193**, 1931, p. 38.

([1]) Moissan, *Comptes rendus*, **134**, 1902, p. 71.
([2]) Moissan, *Comptes rendus*, **134**, 1902, p. 18, et **135**, 1902, p. 647.
([3]) Moissan, *Comptes rendus*, **136**, 1903, p. 587 et 1177.
([4]) Moissan, *Comptes rendus*, **136**, 1903, p. 587.

nickel placée dans un tube également en pyrex, le tout entièrement soudé.

La circulation de gaz se faisait par courants de convection, la partie chauffée se trouvant plus bas que la cloche.

La matière première du deutérium est l'eau lourde. La Société norvégienne de l'Azote en fournit aux laboratoires scientifiques à des conditions très avantageuses. Celle que nous avons utilisée titrait 99,6 pour 100 ($D_{4^\circ}^{20^\circ} = 1,10496$). Après divers essais de préparation effectués avec l'eau ordinaire, nous avons adopté l'action du fer au rouge sur la vapeur d'eau, qui donne un bon rendement à la condition d'observer un certain nombre de précautions.

Les métaux alcalins purs ont été préparés par le procédé décrit par l'un de nous ([5]); ils étaient redistillés directement dans la nacelle de nickel soumise à l'action du gaz.

Tout cela a nécessité un appareillage assez compliqué dont la description détaillée dépasserait le cadre de la présente Note.

Nous avons d'abord utilisé ce dispositif pour la préparation des hydrures. C'est la première fois, à notre connaissance, que ces composés ont été obtenus à partir du métal distillé dans le vide et ayant été, d'une façon absolue, préservé du contact de l'air, d'un gaz ou d'un liquide quelconque.

C'est sans doute à ces conditions exceptionnelles de pureté qu'il faut attribuer l'extrême lenteur de la formation des hydrures alors que Moissan, opérant sur des métaux pouvant contenir des impuretés, observait une vitesse de réaction beaucoup plus grande. Ces constatations sont du reste en parfait accord avec celles faites par F. Ephraïm et E. Michel ([6]). Quinze jours ont été parfois nécessaires pour obtenir moins de 1^g de ces composés. En remplaçant l'hydrogène ordinaire par le deutérium, la réaction semble, en première approximation, être plus lente pour la même température. Il ne faut pas dépasser 360° si l'on veut éviter l'attaque du verre, et surtout la volatilisation de métal en même temps que celle du deutériure. Nous avons obtenu à 320° de magnifiques cristaux aussi bien de DRb et HRb que de DCs et HCs, alors que F. Ephraïm et E. Michel (*loc. cit.*) ne constatent pour le rubidium et le cæsium aucune absorption avant 620°-680°. La pression favorise la réaction mais avec notre dispositif, on ne peut guère l'élever à plus de 4^{cm} à 5^{cm} au-dessus de la pression atmosphérique.

Les deutériures ont tout à fait l'aspect des hydrures, ils cristallisent en

---

([5]) L. Hackspill, *Bull. Soc. Chim.*, 4e série, 2, 1911, p. 446.

([6]) *Helvetica Chimica Acta*, 4, 1921, p. 762.

aiguilles appartenant très certainement au système cubique, qui viennent se déposer sur la paroi de verre au-dessus de la nacelle contenant le métal, surtout si l'on a soin de refroidir par un jet d'air comprimé.

L'analyse peut être faite, en décomposant par la chaleur, le deutériure dans le vide, mesurant le volume du gaz libéré, et dosant le métal par alcalimétrie. Les résultats obtenus jusqu'ici ont donné pour le métal des nombres supérieurs de 1 à 3 pour 100 à ceux exigés par la formule DM.

Par exemple, avec le cæsium, le volume de gaz à 0° et 760^{mm} était de 6$^{cm^3}$,2 pour 75^{mg},1 de métal, alors qu'on aurait dû trouver 73,8. Cela tient sans doute à l'adsorption par les cristaux d'une petite quantité de vapeur métallique non combinée.

En résumé, les deutériures alcalins peuvent être obtenus par synthèse dans les mêmes conditions que les hydrures, leurs formules sont analogues à celles de ces derniers, leur aspect est identique. Leurs propriétés sont à l'étude.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Les anthrylisothiocyanates, anthrothiazols, et mercaptoanthrothiazols.* Note de MM. **Martin Battegay** et **Pierre Boehler**, présentée par M. Marcel Delépine.

L'α et la β-anthramine présentent dans leur comportement chimique certaines particularités qui ont conduit à douter de leur caractère d'arylamines primaires régulières (¹).

Nous avons pu montrer, dans une récente étude (²), que l'allure réfractaire à la diazotation, qui est particulièrement déterminante à l'égard de la nature des anthramines, n'est en réalité qu'apparente, et que l'application de conditions opératoires convenables, assure parfaitement la technique de diazotation et la séparation des sels diazoïques définis qui en résultent.

Des conclusions semblables se dégagent de l'examen de la réaction qui transforme les arylamines primaires en isothiocyanates, réaction qui, d'après Houben (³), fait en général défaut aux anthramines. Cet auteur s'appuie sur les indications de Liebermann et Bollert (⁴), lesquels, sans

(¹) V. Meyer et P. Jacobson, *Lehrbuch der org. Chemie*, t. II, 2ᵉ partie, p. 497; Bamberger et Hoffmann, *D. chem. Ges.*, 26, 1893, p. 3068; Schröter, *ibid.*, 57, 1924, p. 2004.

(²) *Comptes rendus*, 202, 1936, p. 769.

(³) *Das Anthracen und die Anthrachinone*, p. 119.

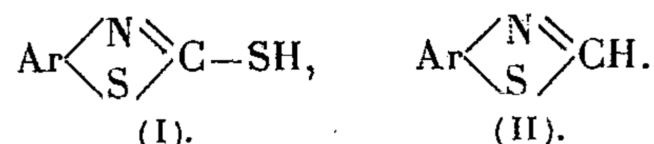
(⁴) *D. chem. Ges.*, 15, 1882, p. 228.

préciser le mode opératoire employé, n'ont pu transformer la β-anthramine en isothiocyanate.

Nos propres expériences établissent cependant que l'action du sulfure de carbone sur l'α et la β-anthramine, en milieu pyridiné, fournit presque quantitativement les dianthrylthiourées symétriques correspondantes, et que celles-ci, sous l'action de l'anhydride acétique à chaud, mènent ensuite parfaitement à l'α et au β-anthrylisothiocyanate. Il s'agit de produits inodores, bien cristallisés, de coloration jaune clair, fondant, l'α, à 99°, le β, à 196° (5). Leur structure est vérifiée par le traitement en milieu toluénique, à chaud, avec les anthramines respectives, qui régénèrent sous la forme de poudres cristallines jaunes, les deux dianthrylthiourées initiales, soit l'isomère αα', fondant à 234° et l'isomère β' à 262° (6).

Dans la réaction qui mène aux isothiocyanates, comme dans la diazotation, les particularités des anthramines ne peuvent être, par conséquent, que relatives. Elles sont, sans doute, l'expression de différences graduelles que cause la structure moléculaire sur le potentiel des réactivités générales des arylamines. Ces différences se manifestent déjà nettement dans la basicité (7), qui s'atténue progressivement en passant de l'aniline aux naphtylamines, puis aux anthramines.

Des considérations similaires s'appliquent, à notre avis, à la réaction, où un mélange de formamide et de soufre est engagé comparativement à 200°, en tube scellé, sur des arylamines primaires, et qui crée, en principe, à côté des mercaptoarylène thiazols (I) déjà signalés par Cambron (8), les arylènethiazols correspondants (II)



Le rendement en arylènethiazols s'améliore, en effet, graduellement lorsqu'on opère successivement sur l'aniline, les naphtylamines et les anthramines, et il varie, d'autre part, dans le sens opposé, pour les mercaptoarylènethiazols.

---

(5) α, pour 100 N trouvé 6,07; S trouvé 13,49. β, pour 100 N trouvé 6,19, calculé 5,95; S trouvé 13,51, calculé 13,64.

(6) α, pour 100 N trouvé 6,72; S trouvé 7,65. β, pour 100 N trouvé 6,59, calculé 6,53; S trouvé 7,35, calculé 7,49.

(7) LIEBERMANN et BOLLERT, *D. chem. Ges.*, 15, 1882, p. 227; *Lieb. Ann.*, 212, 1882, p. 59.

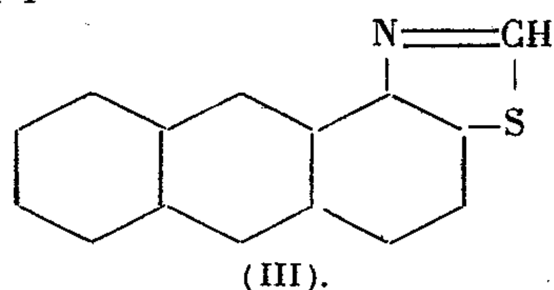
(8) Brevet américain 2037878, C 1936, II, p. 1064.

Ces essais comparatifs ont donné l'occasion de préparer les termes anthracéniques correspondants qui sont encore inconnus.

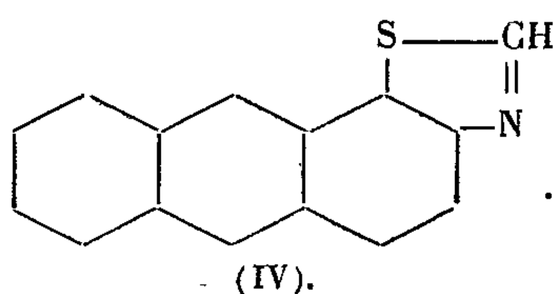
Les anthrothiazols et mercaptoanthrothiazols constituent des produits cristallisés jaunes, solubles dans les solvants organiques, les derniers également dans l'ammoniaque ou la soude caustique diluées. Les anthrothiazols ont été identifiés par l'analyse ([9]) et par l'action de la potasse alcoolique, qui fournit des diaminodianthryldisulfures ([10]).

Le dérivé de l'α ou 1-anthramine (III) fond à 132° et porte, sans aucun doute, l'atome de soufre en position 2, et non pas comme on pourrait le supposer, en position 9, puisque l'oxydation par l'acide chromique, tout en détruisant le cycle thiazolique, fournit un dérivé de l'anthraquinone qui renferme du soufre.

L'anthrothiazol obtenu en partant de la β ou 2-anthramine (IV) est fusible à 166°. L'atome de soufre se trouve vraisemblablement, en raisonnant par analogie avec des termes naphtaléniques correspondants ([11]), en position 1

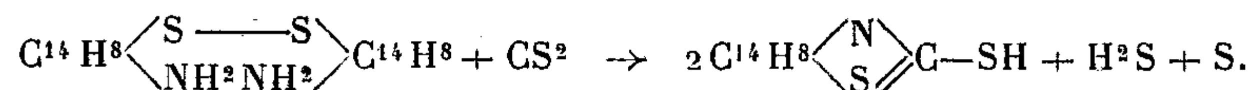


(III).



(IV).

Pour les mercaptoanthrothiazols, dont les rendements sont, comme nous le disons plus haut, médiocres, nous avons contrôlé, dans le cas du dérivé de la β-anthramine ([12]), lequel fond à 300°, son identité par la synthèse qui, partant du diaminodianthryldisulfure correspondant, fournit le même produit



$$C^{14}H^{8}\langle{}^{S\text{——}S}_{NH^2\,NH^2}\rangle C^{14}H^{8} + CS^{2} \rightarrow 2C^{14}H^{8}\langle{}^{N}_{S}\rangle C\text{—}SH + H^{2}S + S.$$

([9]) Le dérivé de l'α-anthramine, pour 100 N trouvé 6,06, calculé 5,95; S trouvé 13,86, calculé 13,64. Le dérivé de la β-anthramine, pour 100 N trouvé 6,16; S trouvé 13,87.

([10]) Le détail de ces réactions fera l'objet d'une publication séparée.

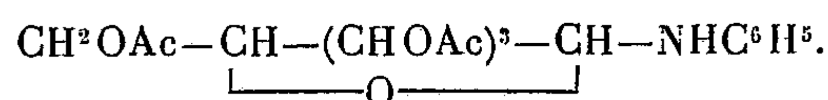
([11]) D. R. P. 165126, Frdl. 8, p. 186; 166903, Frdl. 8, p. 695.

([12]) Pour le dérivé de la β-anthramine : pour 100 N trouvé 5,27, calculé 5,24; S trouvé 23,31, calculé 24.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Acétylglucosides d'amines et pouvoir rotatoire.* Note de M. **Marcel Frèrejacque**, présentée par M. Richard Fosse.

I. Nous avons signalé (¹) que les amines aromatiques réagissent sur les dérivés complètement acétylés des sucres réducteurs : c'est ainsi que l'α ou le β-pentacétylglucose traités par une solution alcoolique d'acétate d'aniline conduisent à un mélange d'α et de β-tétracétylglucosylaniline

$$CH^2OAc-CH-(CHOAc)^3-CH-NHC^6H^5.$$



Les produits obtenus peuvent être considérés comme dérivant des formes α et β de glucosides d'amines. Il nous a paru intéressant de rechercher si l'on pouvait étendre à cette classe de corps les *règles d'isorotation* que Hudson a énoncées pour les glucosides d'alcools. Nous avons donc examiné si les pouvoirs rotatoires moléculaires M_D des formes α et β pouvaient se mettre respectivement sous les formes B + A et B — A, B ne dépendant que de la nature du sucre acétylé, A ne dépendant que de la nature du reste aminé.

II. Pour obtenir ces formes α et β nous sommes partis du produit brut de la réaction mentionnée ci-dessus ou du mélange résultant de l'isomérisation partielle du dérivé se séparant le plus aisément de cette réaction; l'isomérisation a été provoquée soit par fusion de ce dérivé, soit par addition d'acide acétique à une solution de ce dérivé. Les mélanges obtenus par isomérisation sont plus faciles à résoudre que le produit brut de la réaction qui contient toujours, outre les dérivés α et β, une certaine quantité d'amine acétylée. La résolution des mélanges a été faite par cristallisations fractionnées dans l'alcool pyridiné, la moindre trace d'acide libre amenant rapidement à l'équilibre les solutions des isomères étudiés (²).

III. Le tableau ci-après résume les propriétés des six couples d'isomères examinés; le pouvoir rotatoire final indiqué a été observé dans du chloroforme contenant 2 pour 100 d'acide acétique.

(¹) *Comptes rendus*, 202, 1936, p. 1190.

(²) Il est vraisemblable que la très lente mutarotation que j'ai observée antérieurement (*loc. cit.*) dans le chloroforme, était provoquée par une impureté acide.

	F.	$[\alpha]_D^{22}$ CHCl³.		α_D^{22} fin.	$\frac{\alpha_{436}}{\alpha_{578}}$.		$\frac{\alpha_{436}}{\alpha_{578}}$ fin.	M_D.	2 B.	2 A.
α-tétracétylglucosylaniline...........	143°	+180°	→	+41°,6	2,01	→	1,83	+76,1	53	99,2
β- »	97	− 54,8	→	»	2,35	→	»	−23,1	–	–
α-tétracétylglucosylparatoluidine......	125	+119	→	+34,2	2,04	→	1,85	+52	31,2	72,8
β- »	148	− 47,6	→	»	2,39	→	»	−20,8	–	–
α-tétracétylglucosylparabromoaniline..	134	+ 93	→	+59,4	1,98	→	1,80	+46,7	22,2	71,2
β- » ..	160	− 48,8	→	»	2,40	→	»	−24,5	–	–
α-heptacétyllactosylaniline...........	197	+101	→	+21,2	2,05	→	1,85	+70,5	48,5	92,5
β- »	152	− 31	→	»	2,37	→	»	−22	–	–
α-heptacétyllactosylparatoluidine.....	189	+ 82,3	→	+24,8	1,99	→	1,80	+59,6	38,6	80,6
β- »	208	− 29	→	»	2,34	→	»	−21	–	–
α-heptacétyllactosylparabromoaniline..	209	+ 98,3	→	+24,7	2,06	→	1,83	+77,6	66,3	88
β- » ..	192	− 14,3	→	»	2,50	→	»	−11,3	–	–
β-heptacétylmaltosylaniline..........	205	+ 37,5	→	+92,5	1,53	→	1,89	+26,6	–	–
β-heptacétylmaltosylparatoluidine.....	182	+ 39	→	+94,4	1,58	→	1,88	+28,2	–	–

On voit que les valeurs de B déduites de ce tableau ne sont constantes ni pour les dérivés du glucose, ni pour ceux du lactose; de même les valeurs de A ne sont pas constantes pour une amine déterminée. Sans doute pourrait-on objecter que les discordances observées sont dues à une résolution incomplète des mélanges étudiés. Nous ne le pensons pas pour les raisons exposées ci-dessous.

IV. Pour que les règles d'isorotation s'appliquent à une classe de corps, il faut que tous les corps de cette classe aient la même dispersion rotatoire. Or nos dérivés α ont un rapport de dispersion, $\alpha_{436}/\alpha_{578}$ voisin de 2, alors que les dérivés β ont un rapport de dispersion voisin de 2,4. Cette différence de dispersion est mise facilement en évidence par l'étude de la variation de dispersion qui accompagne la mutarotation d'un dérivé β (en présence d'acide acétique) : la dispersion, qui est initialement de 2,4 croît tout d'abord avec le temps, devient négative puis croît pour atteindre finalement la valeur 1,85. La mesure des diverses rotations au cours du temps pour les longueurs d'onde 436 et 578 nous a d'ailleurs permis de construire pour chaque couple αβ étudié un diagramme rectiligne de Darmois ([3]), dont toutes les droites sont parfaitement concourantes, ce qui confirme qu'il n'y a bien que deux isomères en solution.

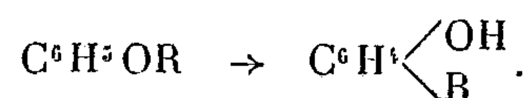
([3]) C'est la construction de ces diagrammes qui nous a fait soupçonner que l'échantillon décrit antérieurement (*loc. cit.*) de β-heptacétyllactosylparatoluidine était souillé d'isomère α.

V. Signalons enfin que nous donnons dans le tableau ci-dessus les dispersions des β-heptacétylmaltosylaniline et β-heptacétylmaltosylparatoluidine (les dérivés α n'ont pu être obtenus à l'état cristallin). Ces dispersions sont voisines de 1,55 alors qu'elles sont voisines de 2,4 pour les dérivés correspondants du glucose et du lactose.

Nous concluons de toutes ces remarques que les règles d'isorotation ne sauraient être étendues à la classe de corps étudiée ici.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Action du bromure de furfuryle sur le phénate de sodium, o-furfuryphénol et furfuryloxybenzène.* Note de MM. **Raymond Paul** et **Henri Normant**, présentée par M. Robert Lespieau.

Un certain nombre d'éthers-oxydes phénoliques subissent sous l'action de la chaleur un réarrangement en phénols ortho ou parasubstitués



$$C^6H^5OR \rightarrow C^6H^4\begin{matrix}\diagup OH\\ \diagdown R\end{matrix}.$$

Pour que cette transposition ait lieu, il faut toutefois que le radical R soit doué d'une asez grande mobilité. On n'observe rien en effet lorsque R est un radical saturé tel que $-CH^2-CH(CH^3)^2$, $-CH\begin{matrix}\diagup C^2H^5\\ \diagdown CH^3\end{matrix}$; au contraire, la transformation en phénol est importante ou même quantitative lorsque



$$R = -C(CH^3)^3, \quad -CH^2-CH=CH^2, \quad -CH^2-CH=CH-R \quad (^1).$$

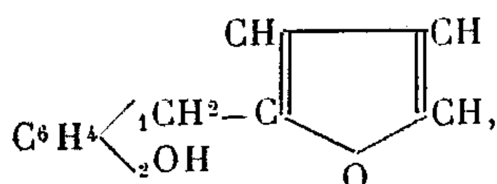
Comme les radicaux allyle et furfuryle présentent beaucoup d'analogies, on pouvait espérer obtenir les phénols dérivés du benzylfurane $C^6H^5.CH^2.C^4H^3O$, à partir de l'oxyde de furfuryle et de phényle.

Cet éther-oxyde $C^6H^5OCH^2C^4H^3O$ s'obtient sans grandes difficultés par addition d'une solution éthérée de bromure de furfuryle au phénate de sodium préparé en milieu alcoolique. C'est un liquide incolore bouillant à 133°-135° sous 13^{mm} (D_{13}^{17} 1,124, N_D^{17} 1,5535, R. M. 49,55 calc., 49,55 obs.). Hydrogéné à l'aide du nickel de Raney à 85° et sous 50^{at}, il ne fixe que deux

(1) L. Claisen, *Ber. Dstch. Chem. Ges.*, 45, 1912, p. 3157; *Ann. der Chem.*, 3e série, 418, 1919, p. 69; L. Claisen et Tietze, *Ber. Dstch. Chem. Ges.*, 58, 1925, p. 275; Richard A. Smith, *Am. Chem. Soc.*, 1933, 55, p. 3718; Adams, *Am. Chem. Soc.*, 57, 1935, p. 371.

molécules d'hydrogène, en donnant *l'oxyde de phényle et de tétrahydrofurfuryle*, $C^6H^5O.CH^2\underbrace{CH-CH^2-CH^2-CH^2}_{O}$, liquide doué d'une odeur assez fine d'oranges amères. Il bout à 144°-145° sous 17^{mm}. Ses constantes (D_{15}^{15} 1,077, N_D^{15} 1,5256, R. M. 50,48 calc., 50,69 obs.) sont identiques à celles du produit préparé par action du *p*-toluènesulfonate de tétrahydrofurfuryle sur le phénate de sodium. L'emploi du nickel de Raney permet donc l'hydrogénation du noyau furanique, tout en respectant le noyau benzénique : cette action sélective avait été déjà signalée par l'un de nous à propos du benzylfurane ([2]).

Dans la préparation précédente, il se forme toujours une petite quantité d'o-furfurylphénol



qu'on isole en traitant les fractions de queue par une solution d'hydroxyde de sodium. Il ne semble pas cependant que ce phénol provienne du réarrangement de l'oxyde de furfuryle et de phényle.

On a maintenu en effet pendant 5 heures cet éther à 160°-180° dans un courant d'hydrogène; plus de 80 pour 100 de l'éther inaltéré ont été récupérés sans qu'on ait pu observer la formation du furfurylphénol en quantité appréciable. On n'a pas été plus heureux en chauffant l'éther à l'ébullition sous la pression normale : la molécule se brise alors entièrement en donnant du phénol ordinaire et des produits qui n'ont pu être identifiés.

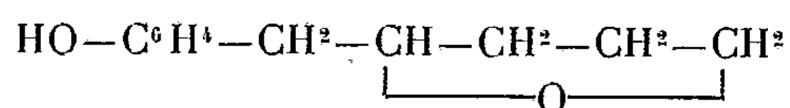
Il est beaucoup plus probable que le furfurylphénol se forme au moment même de la condensation du bromure de furfuryle et du phénate de sodium. Si en effet la condensation du dérivé bromé s'effectue avec le phénate en suspension dans le toluène sec, la quantité d'éther-oxyde formé diminue et le furfurylphénol constitue alors le produit principal. Ces résultats sont en tous points semblables à ceux de Claisen, qui montra le rôle important du solvant dans l'allylation des phénols ([3]).

Par cette méthode, on obtient environ 30 pour 100 de furfurylphénol et 20 pour 100 de furfuryloxybenzène, ces rendements étant comptés à partir de l'alcool furfurylique.

([2]) R. Paul, *Comptes rendus*, **202**, 1936, p. 1444.
([3]) L. Claisen, *Zeit. f. angew. Chem.*, **36**, 1923, p. 478.

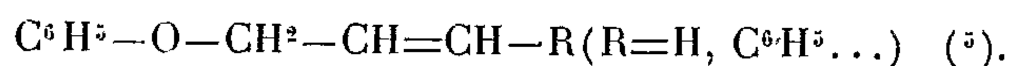
L'*o-furfurylphénol* est un liquide peu mobile, dont l'odeur rappelle l'huile de café; il bout à 151°-153° sous 14mm (D_{15}^{17} = 1,157, N_D^{17} = 1,5689, R.M. : 49,43 calc. et 49,27 obs.) et donne une coloration rouge avec le nitrate d'urane ([4]). Sa phényluréthane cristallise en aiguilles soyeuses fusibles à 99°-100° (N °/₀ = 4,91).

Il se laisse hydrogéner dans les mêmes conditions que l'éther-oxyde isomère, mais beaucoup plus lentement; le *tétrahydrofurfurylphénol* ainsi obtenu



bout à 154°-156° sous 15mm. Il possède une odeur très nette de thymol (D_{15}^{16} = 1,107, N_D^{16} = 1,5402, R.M. : 50,36 calc., 50,44 obs.). Sa phényluréthane n'a pu être obtenue cristallisée.

Dans tout ce qui précède le radical furfuryle se comporte comme le radical benzyle : l'influence de la double liaison en α se manifeste nettement dans les bromures de furfuryle et de benzyle par une grande mobilité de l'atome d'halogène. Cette influence est encore suffisante pour entraîner la formation de phénols substitués dans l'action des bromures sur les phénates en milieu peu ionisant. Mais elle ne suffit plus pour produire ces mêmes phénols par réarrangement des éthers- oxydes correspondants, comme cela se produit dans les éthers allyliques



CHIMIE ORGANIQUE. — *Étude des combinaisons du glycocolle et de l'alanine avec l'oxyde mercurique.* Note de M. **R. Truhaut**, transmise par M. Alexandre Desgrez.

L'étude de la réduction par le glycocolle de l'oxyde de mercure en milieu alcalin nous a conduit à examiner l'action de cet acide aminé sur le même oxyde en milieu neutre.

On dissout 5g de glycocolle dans 50cm³ d'eau; on ajoute 5g d'oxyde jaune de mercure finement pulvérisé et on triture à froid. Il se fait alors peu à peu une liqueur blanc jaunâtre de consistance crémeuse, cependant que

([4]) Aloy et Rabault, *Bull. Soc. Chim.*, 15, 1914, p. 680.
([5]) Powel et Adam, *Am. Chem. Soc.*, 42, 1920, p. 646.

tout l'oxyde jaune disparait. En portant au bain-marie bouillant, tout se dissout et, par refroidissement, il cristallise de petites aiguilles blanches qu'on isole, lave avec un peu d'eau distillée puis, successivement, avec un peu d'alcool et d'éther anhydre et finalement dessèche dans le vide sulfurique.

Dessaignes[1], étudiant en 1852 les combinaisons de l'oxyde de mercure avec un certain nombre d'amides, avait signalé cette combinaison mercurielle du glycocolle, mais sans en pousser l'étude. Nous l'avons reprise. L'analyse de la combinaison cristallisée nous a fourni les résultats suivants :

Hg % 54,52, N % 7,64, glycocolle % 41,02.
Calculé, pour $(NH^2CH^2COOH)^2 + OHg$, Hg % 54,37, N % 7,65, glycocolle % 40,98.

Le corps est assez peu soluble dans l'eau à froid, beaucoup plus soluble à chaud. Il est insoluble dans l'alcool et dans l'éther. Sa solution aqueuse s'altère rapidement : elle jaunit, se charge en mercure mercureux, puis laisse déposer du mercure métallique. Cette altération est considérablement favorisée par la chaleur. La substance sèche ne se conserve d'ailleurs sans altération que dans le vide sec; conservée sans précaution, elle libère peu à peu du mercure métallique en se décomposant. Par chauffage, cette libération de mercure commence vers 95°. La solution aqueuse est nettement alcaline au tournesol et à l'hélianthine, non à la phtaléine. Pour obtenir le virage au rose de l'hélianthine, il faut environ 2^{mol} d'acide chlorhydrique pour 1^{mol} de combinaison mercurielle, mais le virage est très imprécis. Si l'on ajoute du formol neutre à la solution aqueuse, celle-ci devient acide sans perdre de sa limpidité et il faut environ $1^{mol},5$ de soude pour 1^{mol} de combinaison mercurielle pour obtenir le virage de la phtaléine au rouge franc. Les réactions de Hg^{++} ont été effectuées : par l'iodure de potassium, on obtient un précipité d'iodure mercurique jaune citron qui se transforme peu à peu en iodure rouge; par l'hydrogène sulfuré ou le sulfure d'ammonium, tout le mercure est précipité à l'état de sulfure de mercure noir; par les bases alcalines ou alcalinoterreuses (soude, potasse, ammoniaque, lithine, chaux, baryte) il n'y a pas précipitation d'oxyde jaune de mercure, mais formation d'un précipité blanc caillebοté qui, sous l'influence d'un excès de base, se décompose en donnant naissance à du mercure métallique en même temps qu'il se forme de l'ammoniac, de l'acide glycolique et de l'acide oxalique.

---

(1) *Ann. Chem. u. Pharm.*, **82**, 1852, p. 231-240.

Ainsi, le mercure est partiellement dissimulé dans la combinaison du glycocolle avec l'oxyde de mercure.

L'azote aminé reste dosable par la méthode de Van Slyke et certains réactifs de la fonction amine (acide picrique, acide phosphotungstique, acide picrolonique, ferrocyanure de potassium) donnent lieu à la formation de corps insolubles renfermant du mercure dans leur molécule. L'analyse du picrate cadre assez grossièrement avec une formule renfermant 2^mol de mercuro-glycocolle pour 1^mol d'acide picrique.

Trouvé C °/₀ 18,28, N °/₀ 9,79, Hg °/₀ 40,51.
Théorie, pour $C^6H^3N^3O^7 + [(NH^2-CH^2-COOH)^2 + OHg]^2$, C °/₀ 17,48, N °/₀ 10,19, Hg °/₀ 41,62.

A partir de l'alanine, nous avons pu préparer une combinaison mercurielle analogue à celle du glycocolle. Elle est beaucoup plus soluble dans l'eau et tous les essais pour la faire cristalliser ont échoué. Elle a été obtenue sous forme d'une poudre blanche très soluble dans l'eau, insoluble dans l'alcool et l'éther.

Analyse, Hg °/₀ 50,69, N °/₀ 7,21.
Théorie, pour $2\,CH^3CHNH^2COOH + OHg$, Hg °/₀ 50,76, N °/₀ 7,106.

La solution aqueuse est alcaline au tournesol et à l'hélianthine. En présence de ce dernier indicateur, il faut pour obtenir le virage, d'ailleurs très imprécis, environ deux molécules d'acide chlorhydrique pour une molécule de combinaison.

Les réactions du mercure sont encore plus dissimulées que dans la combinaison correspondante du glycocolle. En particulier on n'observe avec les alcalis ni précipité d'oxyde jaune de mercure, ni précipité blanc se réduisant ultérieurement comme avec le glycocolle; la liqueur reste limpide et, même à chaud, il ne se fait pas de réduction. Cette stabilité particulière du complexe de l'alanine explique l'absence de réduction des réactifs mercuriels en milieu alcalin par cet amino-acide et son opposition à ce point de vue avec le glycocolle.

Le complexe mercuriel de l'alanine laisse dégager tout son azote par traitement au nitrite de sodium acétique et sa solution aqueuse précipite par les acides picrique, phosphotungstique et picrolonique et le ferrocyanure de potassium.

En conclusion, nous avons, par action de l'oxyde mercurique en milieu neutre sur le glycocolle et l'alanine, obtenu deux combinaisons mercurielles complexes dont nous avons étudié comparativement les propriétés.

MINÉRALOGIE. — *Sur la pyrogénation des charbons.*
Note (1) de M. **Louis Longchambon**, présentée par M. Charles Mauguin.

La cokéfaction de la houille fait intervenir la nature physicochimique de la matière et la façon dont est conduite l'opération. Nous nous sommes proposé d'étudier les modifications qui se produisent dans la houille au cours du chauffage et nous avons choisi comme premier mode d'observation la méthode dilatométrique, en raison de la grande sensibilité des appareils dont on dispose.

De nombreux chercheurs nous ont précédé dans cette voie en opérant sur des agglomérés de charbon pulvérisé, mais il semble que leur attention se soit seulement portée sur les phénomènes importants qui suivent la fusion. Au contraire, les phénomènes que nous allons décrire sont observables dans la zone de préchauffage, et leur valeur absolue est faible par rapport à celle du gonflement ou du boursouflement qui se produisent dans la zone de cokéfaction.

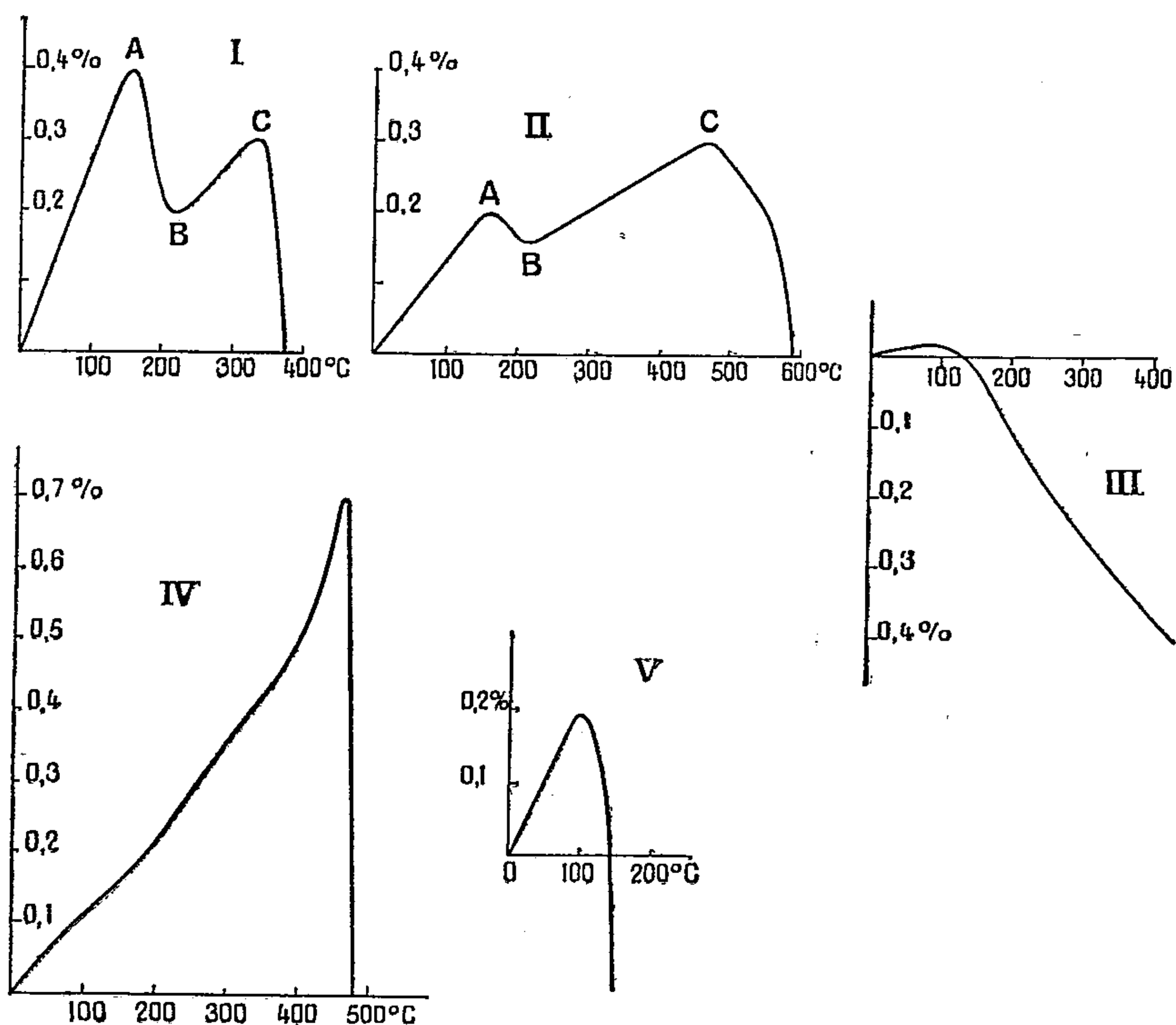
Nous avons utilisé des baguettes taillées dans des blocs homogènes de charbons et nous avons étudié leur dilatation au dilatomètre différentiel de Chevenard. La courbe différentielle 1 est relative à la houille du Puits V de Merlebach (Houillères de Sarre-et-Moselle). Elle est caractérisée par trois anomalies A, B, et C qui se produisent respectivement à 155, 210, et 320°C. environ, températures qui dépendent légèrement de la rapidité du chauffage (la vitesse de chauffage de nos essais est de 2° par minute).

Les points A, B et C ont été retrouvés sur les courbes de dilatation des houilles extraites du Puits Saintefontaine et du Puits Cuvelette (Sarre-et-Moselle) avec des valeurs différentes des segments AB et BC, valeurs qui constituent une constante physique de la houille étudiée, si l'on ne modifie point les conditions expérimentales. Les points A, B et C de ces courbes dilatométriques sont des points de transformations irréversibles des matières constitutives de la houille : le refroidissement donne toujours un diagramme presque rectiligne. De plus, si l'on trace à nouveau la courbe dilatométrique après un premier chauffage ayant dépassé le point B, on ne retrouve que l'anomalie C. Enfin, si le premier chauffage a été porté entre

(1) Séance du 3 mai 1937.

les points A et B, le deuxième n'indique plus qu'une légère inflexion au passage des points A et B, mais le point C est conservé.

Les observations ci-dessus mettent en évidence la sensibilité de la houille à des températures beaucoup plus basses qu'on ne le supposait et ouvrent



de nouveaux horizons sur les possibilités du dynamométamorphisme concernant l'évolution du charbon.

La courbe différentielle II est relative à l'anthracite du Puits Gouley (Kohlscheid, Aix-la-Chapelle). Les points A et B se retrouvent sensiblement aux mêmes températures que les points de transformation correspondants des houilles de Merlebach. Le point C est à température beaucoup plus élevée. Le morceau d'anthracite dans lequel a été taillée la baguette dont nous donnons la courbe était très brillant. D'autres morceaux du même puits étaient moins brillants et plus schisteux; leurs points de transformation étaient aux mêmes températures, mais le segment BC avait une longueur double de celui indiqué par la courbe II.

La courbe III a été donnée par un anthracite du Donetz à 4 pour 100 de

matières volatiles. La courbe IV est relative à un charbon trois-quarts gras du puits Anna (Aix-la-Chapelle). Enfin la courbe V est celle d'une houille flambante de Sosnowice, à 40 pour 100 de matières volatiles.

Nous avons étudié de nombreuses houilles de provenances diverses, et toutes se groupent pour l'instant autour des types que nous venons de décrire.

Nous sommes encore mal renseigné sur les transformations internes que traduisent les anomalies de nos diagrammes. La chute verticale des diagrammes I, IV et V correspond certainement au début de la fusion de la houille, début qui est indiqué par le diagramme dilatométrique à une température beaucoup plus basse que celle normalement admise, en raison de la très grande sensibilité du mode d'observation. Le point A semble correspondre à un léger ramollissement de la matière, car le segment AB est d'autant plus vertical et plus long qu'on applique une force de pression plus élevée sur l'échantillon.

GÉOLOGIE. — *Sur l'âge du métamorphisme dans le Massif Central.* Note de M. **André Demay**, présentée par M. Louis de Launay.

Dans la partie sud du Massif Central j'ai montré antérieurement ([1]) l'existence d'un ensemble puissant de schistes séricíteux et micaschistes paléozoïques, que l'on peut suivre à travers les Cévennes Méridionales, puis dans la région comprise entre la Montagne Noire et le massif granito-gneissique du Rouergue, et plus à l'ouest jusque sur les feuilles d'Aurillac et de Mauriac. J'ajoutai que dans le massif de Rodez, les micaschistes et les gneiss (sous la seule réserve de quelques éléments incertains) appartiennent à un seul cycle, qui est probablement le cycle hercynien ([2]). Les travaux de M. M. Thoral ([3]) et surtout les travaux récents de M. M. Roques ([4]) ont

---

([1]) *Comptes rendus,* **193**, 1931, p. 944 et 1098; **195**, 1932, p. 804; *Bull. Soc. Géol.*, 5e série, 5, 1935, p. 3.

([2]) Le Dévonien n'étant pas connu dans les monts de Lacaune sur le versant nord de la Montagne Noire, on pourrait penser au cycle calédonien. Mais l'absence de discordance calédonienne dans la Montagne Noire (au sens strict) rend cette hypothèse peu probable.

([3]) *Contribution a l'étude géologique des Monts de Lacaune*, Paris, 1935, p. 305.

([4]) *Comptes rendus*, **202**, 1936, p. 2006.

apporté des faits nouveaux qui renforcent les conclusions précédentes ([5]).

Dans la partie nord-est du Massif Central, j'ai indiqué dès 1929 « que certains éléments cristallins et cristallophylliens de la zone morvano-roannaise semblent bien appartenir au socle précambrien ([6]) » et figuré en 1934 le prolongement de la zone morvano-roannaise, avec l'indication de Précambrien probable, dans la partie nord-ouest du Massif Central ([7]). Plusieurs observations, les unes de 1929, mais encore inédites, d'autres récentes, justifient cette interprétation.

Dans le Morvan, au sud-est d'Avallon, affleurent des orthogneiss subverticaux, dont l'âge antéhercynien est probable. Plus au Sud, dans la région d'Epinac, les gneiss de Saisy sont des gneiss à deux micas, souvent très laminés, mais à cristallisation en partie syntectonique, avec des pendages de 45 à 70°, qui affleurent à la Vesvre de Saizy tout près d'un lambeau de tufs dinantiens, où l'on observe seulement au microscope des traces de séricitisation, et à environ 2^{km} de Viséen, Tournaisien et Dévonien probable, simplement ondulés, avec des pendages souvent faibles et la trace d'un métamorphisme de contact près du granite dinantien de Molinot. Les gneiss à deux micas de Saisy et des gneiss granitoïdes à biotite associés sont donc presque certainement antéhercyniens. Au sud d'Autun, les gneiss de Broye qui passent à du granite, ont une direction nord-ouest, orthogonale aux directions hercyniennes du Morvan et de l'Autunois. La grande bande gneissique du Charolais comprend des gneiss à biotite mêlés de granite et des gneiss alcalins d'injection souvent laminés, avec des pendages de 45 à 60° à hauteur du Creusot, une allure souvent subverticale à hauteur de Montceau-les-Mines. Là encore, les conditions tectoniques diffèrent de celles que l'on observe dans le Paléozoïque antéstéphanien au nord de cette bande gneissique près du Creusot, au Sud près de Matour, à l'Ouest près de Gilly-sur-Loire.

Plus à l'Ouest, entre les fosses tertiaires du Velay et de la Limagne, près de la pointe nord des Monts de la Madeleine, qui sont constitués essentiellement par un granite viséen, les gneiss du Donjon, gneiss d'injection laminés proches d'un orthogneiss, sont probablement antérieurs au marbre dévonien de Saint-Léon et antéhercyniens.

([5]) Ces conclusions sont indépendantes de la question des granulites du Mendic, auxquelles MM. Blayac, Michel-Lévy et Thoral ont attribué un âge précambrien.

([6]) A. Demay, *Bull. Serv. Carte Géol.*, 34, 1929, p. 23.

([7]) A. Demay, *Rev. Géogr. phys. et Géol. dyn.*, 7, 1934, planche C.

Dans la partie nord-ouest du Massif Central, j'ai signalé récemment ([8]) quelques faits en faveur de l'âge antéhercynien des micaschistes de Châteauneuf et de Bromont, en accord avec l'opinion formulée d'abord par M. de Launay, puis par M. Garde et avec mes conclusions antérieures de 1934 et 1935.

Dans le Lyonnais, où l'âge hercynien du métamorphisme était admis, j'ai exprimé en 1934 quelques réserves à ce sujet et envisagé l'existence possible de formations antéhercyniennes ([9]), réserves confirmées et précisées ultérieurement par une observation de MM. J. Jung et E. Raguin, et par des observations de M. Alb. Michel-Lévy. Mais l'étude de l'âge des granites conduit cependant dans les Cévennes septentrionales et peut-être aussi dans le Lyonnais à admettre comme probable un âge hercynien pour l'essentiel des injections magmatiques, du métamorphisme et de l'orogenèse, même s'ils se superposent parfois à des phénomènes plus anciens.

En résumé, le fait fondamental actuellement acquis consiste dans l'opposition que j'ai établie entre l'existence de gneiss et micaschistes antéhercyniens dans les parties nord-est et nord-ouest du Massif Central et l'âge hercynien des gneiss, micaschistes et schistes sériciteux dans la partie méridionale de ce Massif. Dans le géanticlinal septentrional, où le socle ancien subsiste, le magma granitique hercynien est monté très haut, donnant même lieu en surface aux coulées et tufs rhyolitiques viséens. Dans le Sud, la continuité d'une zone de métamorphisme hercynien, depuis les Cévennes méridionales jusqu'en Corrèze et probablement plus à l'Ouest, est aussi importante pour la chaîne hercynienne que l'existence des schistes lustrés pour la chaîne alpine. Quant à la zone intermédiaire, imprégnée, injectée ou traversée par du granite qui, pour des raisons de continuité avec les granites hercyniens du Nord et du Sud, est surtout hercynien, on peut hésiter, depuis Ussel jusqu'à Brioude et Tarare, pour les micaschistes, paragneiss et amphibolites, entre un métamorphisme antéhercynien ou hercynien.

([8]) A. Demay, *C. R. Soc. Géol. France*, 5e série, 7, 1935, p. 98.
([9]) A. Demay, *Rev. Géog. phys. et Géol. dyn.*, 7, 1934, p. 195.

GÉOLOGIE. — *Sur les niveaux fossilifères de l'Albien dans la fosse vocontienne (Drôme, Hautes-Alpes et Basses-Alpes).* Note [1] de M. **Maurice Breistroffer**, présentée par M. Charles Jacob.

L'étage albien est représenté dans la fosse vocontienne par des sédiments marneux ou gréseux, dans lesquels l'établissement de coupures stratigraphiques est rendu difficile par la rareté des fossiles et leur faible valeur caractéristique.

Néanmoins, les longues recherches de plusieurs paléontologistes ont permis peu à peu d'y distinguer plusieurs niveaux successifs, parmi lesquels, seul, l'Albien moyen n'est pas nettement représenté par une faune particulière :

I. Zone à *Diadochoceras nodosocostatum.* — Reconnue par M. Ch. Jacob (1905), elle est constituée par des calcaires marno-gréseux à rares empreintes de *D.* cf. *nodosocostatum* d'Orb. sp. (*fide* Paquier), *Acanthoplites* aff. *Bigoureti* Seun. sp. et *A.* (*Hypacanthoplites*) *Nolani* Seun. sp., à Eygalayes, au Serre-Chaïtieu, à Vesc, à Bourdeaux, à Rosans et vers Chauvac (leg. Ch. Lory, Paquier et Jacob).

II. Zone à *Leymeriella tardefurcata.* — V. Paquier (1900) a signalé à Arnayon des marnes feuilletées à *L. tardefurcata,* faciès très spécial rappelant celui découvert par M. P. Lory (1905) au Dresq, près Saint-Julien-en-Bochaine. Ces marnes à *Neohibolites minor* Stoll. du Dresq présentent un banc peu épais, où sont condensées de nombreuses Ammonites écrasées à test nacré : *Puzosia* cf. *Quenstedti* Par. et Bon. sp., *Acanthoplites* (*Hypacanthoplites*) *Milletianus* d'Orb. sp., *Leymeriella tardefurcata* Leym. sp., *L. Revili* Jacob, *L. regularis* Brug. sp., *Douvilleiceras* cf. *mammillatum* Schloth. sp., *Protanisoceras* (?) aff. *nerthense* Math. sp., etc. (leg. P. Lory, A. Lambert et Brst.). Il semble y avoir d'intéressantes analogies avec la faunule décrite par Mathéron dans la chaîne de la Nerthe (Basse-Provence) et surtout avec les schistes à *Leymeriella* d'Hohenschwangau en Bavière (leg. W. Kilian 1901).

III. Zone à *Hysteroceras Orbignyi?* — Les marnes des environs de Rosans renferment des fossiles pyriteux, rapportés par M. Ch. Jacob à l'Albien moyen, mais représentant plutôt l'Albien supérieur : *Salfeldiella* aff. *Aphrodite* P. Fall. et Term. sp., *Phylloceras subalpinum* d'Orb. sp., *P. seresitense* (Perv.), *Tetragonites Jurinianus* et var. *nautiloïdes* Brst. nov. comb. (= *T. Timotheanus* Pict. sp. « var. nautiloïde » *in* Pict. et R.), *T. Kiliani* Jacob, *Kossmatella Agassiziana* Pict. (!) sp. (= *K. Chabaudi* E. Fall., Jacob — Non *K.* « *Agassiziana* » Jacob 1908 *in Mém. Soc. Géol. Fr.*, 15, n° 38, pl. 1, fig. 9 = *K. Demolyi* nov. sp.; nec « var. » ap. Ooster 1863, Pétr. remarq. Alp. suis., 3e part., pl. 25, fig. 12-13 = *K. Oosteri* nov. sp.), *K. Mühlenbecki* E. Fall. sp., *Eogaudryceras* nov. sp. aff. *Shimizui* Brst., *Desmoceras latidorsatum*

---

[1] Séance du 3 mai 1937.

Mich. sp. var. plur., *Puzosia Spathi* Brst., *P. furnitana* (Perv.), *Scaphites* cf. *Hugardianus* Pict., *Torneutoceras virgulatum* Brgn. sp., *Lechites Gaudini* Pict. et C. sp. em. Brst., *Hemiptychoceras gaultinum* Pict. sp., etc. (leg. Paquier, A. Lambert, Auberic et Brst.). Cette faune, presque exclusivement composée d'Ammonites lisses, se retrouve à Hyèges, Moriez, Bevons, Noyers, Arnayon, Vesc (les Bruges) et Glaise près Veynes. Au pas de Lauzun, dans la forêt de Saou, elle fait place à des grès verdâtres avec *Hysteroceras* (?) sp. ind. et *Actinoceramus sulcatus* Park. sp. (leg. de Rouville, Hébert, Roman et Brst.).

IV. *Vraconien.* — Ce sous-étage ne semble représenté qu'à Glaise (cf. Jacob 1907) par des marnes à rares fossiles pyriteux : *Phyllopachyceras* aff. *Whiteavesi* Kossm. sp., *Turrilites Bergeri* Brgn. sp., etc. (leg. A. Lambert et Brst.), et peut-être à Eygalayes par des grès marneux à *Stoliczkaia dispar* d'Orb. sp. (fide Paquier)?

En résumé, l'Albien de la fosse vocontienne est d'une étude stratigraphique délicate par suite de l'uniformité des divers niveaux dans les séries marneuses et de la difficulté de détermination des Ammonites lisses. Néanmoins ces faunes profondes ont l'intérêt de pouvoir être comparées à celles de pays lointains, beaucoup des espèces qui la composent se retrouvant au même niveau dans toute l'ancienne province mésogéenne.

SÉISMOLOGIE. — *Sur la détermination de la profondeur focale des séismes très éloignés.* Note (1) de M. **Charles Bois**, présentée par M. Charles Maurain.

J'ai exposé (2) quelques résultats tirés de l'étude des séismes à foyer profond pour des distances épicentrales n'excédant pas 11000^{km}. Le travail actuel est destiné à fournir des indications sur la détermination de la profondeur focale des tremblements de terre correspondant à des distances supérieures. On sait que l'interprétation des inscriptions relatives aux séismes normaux est souvent malaisée pour de telles distances : lorsque le foyer est profond, les difficultés sont encore accrues. J'ai donc renoncé pour l'instant à procéder, comme dans mes recherches précédentes, à une étude systématique et je me suis borné à examiner, pour les années 1923-1935, les inscriptions de Strasbourg correspondant aux tremblements de terre auxquels l'*International Seismological Summary* attribue un foyer profond, ou dont les séismologues de la *Jesuit Seismolo-*

(1) Séance du 3 mai 1937.

(2) *Comptes rendus*, 203, 1936, p. 101, 341 et 948; 204, 1937, p. 608.

gical Association et divers auteurs ([3]) ont déterminé la profondeur focale.

J'ai utilisé pour ce travail les courbes de Brunner; ces hodocrones sont d'un emploi très commode, malheureusement elles ne sont tracées que pour un petit nombre de phases. C'est pourquoi il ne m'a pas été possible d'obtenir une interprétation satisfaisante pour toutes les inscriptions examinées : au total, je n'en ai retenues que 12, dont la liste figure dans le tableau ci-contre. Cette première étude était terminée lorsque j'ai eu connaissance d'un mémoire de Gutenberg ([4]) consacré aux séismes à foyer profond où l'auteur a fourni les durées de propagation pour un grand nombre de phases et dressé des tables qui permettent l'analyse des séismes les plus éloignés. Les méthodes de calcul sont les mêmes que celles de Wadati, mais la profondeur normale des foyers a été admise égale à 25^{km} (au lieu de zéro).

Pour les distances comprises entre 3000 et 11000^{km}, je me propose d'interpréter ultérieurement mes observations précédentes à l'aide des Tables de Gutenberg et de les comparer avec les résultats obtenus au moyen des Tables de Wadati. Aujourd'hui, je me bornerai à l'examen des inscriptions relatives aux tremblements de terre très éloignés. Parmi les séismes étudiés par les auteurs cités, les Tables de Gutenberg m'ont permis l'analyse de tous ceux pour lesquels les appareils de Strasbourg ont fourni de bonnes inscriptions : ces Tables offrent donc plus de possibilités que les hodocrones de Brunner.

Dans le tableau ci-contre, colonne Strasbourg, j'indique les valeurs de la profondeur focale pour douze tremblements de terre obtenues à l'aide : 1° des Courbes de Brunner ; 2° des Tables de Gutenberg. Les valeurs de la première série sont supérieures ou égales à celles de la deuxième ; l'écart moyen est de 10^{km}. J'avais noté précédemment un écart moyen de 25^{km} entre les Courbes de Brunner et les Tables de Wadati. Dans une autre colonne figurent, à titre d'indication, les valeurs publiées par l'International Summary (I. S. S.). Quant aux résultats fournis par la Jesuit Seismological Association (J. S. A.) et par les autres auteurs, ils sont trop peu nombreux pour permettre la comparaison.

([3]) G. J. Brunner, *Trans. Am. Geoph. Union, Fifteenth Annual Meeting*, 1934 (reprinted); R. C. Hayes, *Dominion Observatory Bull.*, n° 107, Wellington, 1936, p. 553; W. C. Repetti, *Weather Bureau Manila Central Observatory*, *Seism. Bull.*, **25**, july-december 1933, p. 47.

([4]) *Bull. Seism. Soc. America*, **26**, iv, p. 342; *Stanford University California*, october 1936.

On peut remarquer que les diverses régions figurant dans le tableau font encore partie de la bordure du géosynclinal circumpacifique. Notons les très grandes profondeurs de foyer observées à Célèbes et aux îles Tonga : ces régions sont parmi celles où les plus grandes profondeurs focales sont atteintes.

Profondeurs focales de quelques séismes très éloignés.

			Profondeur focale d'après						
			Strasbourg.						
Date.	Région épicentrale.	Distance.	Brunner.	Gutenberg.	I. S. S.	J. S. A.	Repetti.	Brunner.	Hayes.
		km	km	km	–	km	km	km	km
10 sept. 1926.	Iles de la Sonde	11 722	100	80	0,013	–	–	–	–
1er avril 1927.	Iles Tonga	16 978	440	430	0,070	–	–	–	–
14 avril 1927.	Chili	11 800	100	100	0,015	–	–	–	–
3 juin 1927.	Iles Timorlant	12 967	150	125	0,025	–	–	–	–
24 août 1928.	Nouv. Hébrides	15 967	180	180	0,040	–	–	–	–
8 avril 1929.	Philippines	11 244	500	500	0,090	–	585	–	–
8 nov. 1930.	Célèbes	11 480	700	675	0,075	–	–	–	–
2 mars 1931.	Nouv.-Calédonie	16 700	240	240	0,020	–	–	–	–
6 sept. 1933.	Iles Tonga	17 000	620	600	–	–	–	637	618
10 oct. 1934.	Iles Tonga	17 000	600	575	–	–	600	–	655
24 juin 1935.	Nouv. Hébrides	16 110	140	130	–	140	–	–	–
29 juillet 1933.	Iles Tonga	16 900	500	500	–	490	–	–	–

ÉCONOMIE RURALE. — *Observations en cases lysimétriques sur la mobilisation des réserves azotées et minérales des sols.* Note de MM. **A. Demolon** et **E. Bastisse**, présentée par M. Émile Schribaux.

Nous avons utilisé une série d'observations continues en cases lysimétriques remplies en 1929 de façon homogène avec une terre de limon (couche arable).

Nous ferons remarquer d'abord que les eaux de drainage proviennent surtout des pluies hivernales survenant à une époque où la nitrification est suspendue. Aussi, la quantité des nitrates qu'elles renferment, passe-t-elle par un minimum à la fin de l'hiver. Pour nos cases (profondeur $0^{m},60$), dont la capacité de rétention pour l'eau est voisine de 140^{mm}, on observe que certaines années sèches (1934), une quantité notable de nitrates peut échapper à l'entraînement par lessivage; par contre, cette quantité est négligeable ($< 10^{kg}$ par hectare) pour les années où les pluies d'hiver

ont atteint 200^{mm} (1935-1936). Nous avons utilisé la période allant du 1er mars 1932 au 28 février 1937.

Bilan des exportations. — Les cinq années considérées ont comporté les récoltes suivantes : orge, carottes, blé, avoine, maïs. La culture n'a augmenté l'évaporation que de 17 pour 100 (soit 60^{mm}) par rapport à la jachère non travaillée. Le tableau ci-dessous indique en kilogrammes les exportations moyennes annuelles pour les principaux éléments.

Moyennes annuelles (en kg par ha).	Terres nues drainage A.	Terres cultivées. Drainage.	Récolte.	Total B.	Différences. B — A.
CaO..........	553,6	357,8	23,9	381,7	−171,9
MgO..........	48,4	31,5	10,7	42,2	− 6,2
K^2O..........	12,7	6,9	79,0	85,9	+ 73,2
N............	168,2	82,1	59,3	141,4	− 26,8
S............	86,7	71,9	10,0	81,9	− 4,8
P^2O^5........	0,35	0,22	31,5	31,72	+ 31,3

Sauf pour P et K, dont l'exportation est presque uniquement le fait des récoltes, on constate que la culture a toujours diminué les pertes du sol, dans une proportion qui atteint son maximum pour CaO. Sous notre climat, la jachère nue contribue donc à intensifier la décalcification des sols en augmentant leur lessivage. Il faut d'ailleurs faire remarquer que la fumure modifie cet état de choses. C'est ainsi que celles des cases nues qui reçoivent annuellement $12\,500^{kg}$ de fumier artificiel, ont donné une augmentation des pertes par drainage de 132^{kg} CaO par hectare, soit 23 pour 100.

Pour les cases nues, le rapport (MgO)/(CaO), dans les eaux de drainage, est resté sensiblement constant, soit 1/8e, celui de ces éléments sous forme échangeable dans le sol étant de 1/12e. Il tend à s'élever pour les cases cultivées, la culture exportant relativement plus de magnésium que de calcium.

En ce qui concerne l'azote, il faut se garder de conclure à une économie d'azote due à la culture, en raison de pertes dont nous discutons plus loin le mécanisme.

Évolution des réserves azotées. — Pour la terre nue, l'azote nitrifié représente en moyenne 1,30 pour 100 des réserves du sol ($N = 1,80$ pour 1000) soit, pour 30^{cm} d'épaisseur, 84^{kg} par hectare, et, par an, avec des variations allant du simple au double suivant le caractère climatique des années.

L'exportation d'azote (récolte + drainage) s'est abaissée en moyenne de 16 pour 100 dans le cas des cases ayant porté une culture. C'est là un

fait d'ordre général déjà observé au champ par Warington [1] (1905), E.-J. Russell [2] (1914). Il peut correspondre, soit à une diminution dans la production des nitrates, soit à une destruction de ceux-ci sans qu'on soit définitivement fixé à cet égard. Les faits suivants viennent appuyer la deuxième hypothèse :

1° Le phénomène s'observe dans celles de nos cases soumises à l'irrigation souterraine en période sèche, et dans celles où il y a couverture du sol. Il n'est donc pas dû à un ralentissement de la nitrification résultant de la dessiccation du sol par la culture.

2° S'il y avait effectivement économie des réserves azotées, les cases cultivées devraient, avec le temps, manifester par rapport aux cases nues un accroissement de la quantité d'azote nitrifié. Ce fait n'a pas été observé jusqu'ici.

3° La diminution des sels de calcium exportés par les cases nues ($171^{kg},9$ CaO) est exactement équivalente à celle qui correspond à la diminution des nitrates dans les eaux de drainage ($86,1$ N $= 172^{kg},2$ CaO); ceci permet de conclure à une même activité biologique dans les deux cas.

4° Enfin, le phénomène en question s'observe dans celles de nos cases comportant un apport de paille. Toutefois, dans ce cas, la dépression ne s'observe que la première année, l'azote organique apporté nitrifiant avec lenteur mais progressivement, ainsi que le montrent les résultats suivants :

	1933.	1934.	1935.	1936.
Terre nue témoin	100	100	100	100
Terre nue + 500^{g} paille par mètre carré	93,3	99,6	107	114,6

En résumé, nous sommes autorisés à conclure que la culture entraîne une consommation de nitrates liée aux phénomènes microbiens du sol, qui s'ajoute à celle due à la nutrition végétale. Ces observations s'accordent avec le fait que, dans les expériences en vases, le coefficient d'utilisation des nitrates apportés demeure toujours notablement inférieur à 100.

---

(1) *Trans. Highl. Agric. Soc. Bot.*, 17, 1905, p. 148.
(2) *Journ. Agric. Sc.*, 6, 1914, p. 18.

AGRONOMIE. — *Asymétrie et orientation des micelles argileuses.* Note de M. **Stéphane Hénin**, présentée par M. Charles Mauguin.

Nous avons été amenés ([1]) à supposer que les micelles argileuses étaient asymétriques. Le fait qu'une suspension d'argile ([2]) séchée ne se disperse plus implique en effet que, au cours de la dessiccation, il y a eu attraction entre des charges électriques de signes opposés ou liaison par des fonctions chimiques susceptibles de réagir entre elles. Si ces charges ou ces fonctions sont distribuées irrégulièrement elles constituent des éléments d'asymétrie.

Dans cet ordre d'idées, Sideri ([3]) a montré récemment, en utilisant le microscope polarisant, que l'argile pouvait fournir des dépôts biréfringents auxquels il attribue, suivant le cas, l'état nématique ou l'état smectique.

Nous avons cherché à vérifier et à compléter ces résultats en déterminant les conditions d'orientation des micelles argileuses. Nos expériences ont porté sur une suspension d'argile extraite d'une terre à brique après décalcification, suivant la technique officielle des Stations de recherches agronomiques. Les observations ont été effectuées au microscope polarisant en lumière parallèle entre nicols croisés.

I. *Cas de l'argile à l'état de suspension ou de pâte : a. Orientation par le courant électrique.* — Si l'on dispose dans une goutte de suspension, reposant sur une lamelle sous le microscope, deux petites électrodes à 2 ou 3^{mm} l'une de l'autre et qu'on les soumette à une différence de potentiel de 4 à 8 volts, on voit se former entre les électrodes des traînées d'argile orientée. Avec des électrodes concentriques (un anneau, une électrode au centre), il se forme, suivant le sens du courant, soit une couronne d'argile adhérente à l'anneau, soit une rosace au centre de la préparation, l'argile se déposant sur l'électrode positive. On observe une croix noire sur ces figures (orientation radiale).

b. Orientation par écoulement. — Une suspension s'écoulant dans un tube capillaire devient biréfringente comme l'a déjà montré P. Urbain ([4]).

([1]) S. Hénin, *Annales Agronomiques*, nouvelle série, 6, 1936, p. 455.

([2]) L'argile, au sens agronomique du terme, est constituée par tous les éléments minéraux de diamètre inférieur à 2μ que l'on peut isoler d'une terre, après l'avoir soumise à un traitement dispersant.

([3]) *Soil Sc.*, 42, 1936, p. 381 et 461.

([4]) *Exposés de Géologie*, 4, 1937, p. 49.

c. Orientation mécanique. — Une goutte de suspension amenée à l'état pâteux par dessiccation et striée avec une pointe de bois montre des phénomènes de biréfringence sur les bords des stries.

d. Orientation par congélation. — Une suspension d'argile dont on provoque le gel forme une série de petits fragments biréfringents qui persistent après dégel, à condition toutefois qu'il n'y ait pas d'ion alcalin dans le milieu.

II. *Cas de l'argile séchée.* — En séchant rapidement sur la petite flamme d'un bec Bunsen une goutte de suspension, on obtient facilement des filaments biréfringents et, avec quelque précaution, on peut obtenir des plages orientées. Au cours de la dessiccation, il peut se former des bulles gazeuses soulevant des cloques d'argile. Ces cloques montrent une croix noire en lumière parallèle, par suite d'une orientation radiale de l'argile.

III. *Cas de la réhumectation de l'argile séchée.* — Si l'on humecte une préparation d'argile préalablement séchée sur une lame de verre, on constate 1° le gonflement du dépôt; 2° l'augmentation de la biréfringence; 3° l'apparition sur le dépôt de croix noires ou de figures indiquant l'existence d'une orientation due à la convergence de files de micelles autour d'une ligne ou d'un noyau. Les lignes ou noyaux de convergence de ces petits assemblages peuvent se trouver sur leurs bords ou près de leur centre.

Conclusions. — L'orientation par écoulement et l'orientation provoquée soit mécaniquement, soit par l'intermédiaire du courant électrique, montrent que la micelle argileuse est géométriquement et électriquement asymétrique. La formation de dépôts orientés par dessiccation, et leur cohésion lors de leur réhumectation indiquent qu'il s'est formé des liaisons entre les charges ou les fonctions chimiques distribuées de façon asymétrique sur les micelles, et que ces liaisons ont une grande stabilité. Cet ensemble de faits confirme donc l'hypothèse formulée au début de cette Note.

D'autre part nos observations ne nous ont pas permis de constater d'états identiques aux états mésomorphes. On peut admettre cependant une vague analogie entre les propriétés de l'argile, signalées dans cette Note, et celles des corps nématiques typiques décrites par G. Friedel [5].

---

(5) *Annales de Physique*, 18, n° 6, 1922, p. 273 et 344.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *L'action des produits de désintégration de l'aneurine sur* Phycomyces. *Le second facteur de croissance des Mucorinées.* Note de MM. **William Henri Schopfer** et **Albert Jung**, présentée par M. Marin Molliard.

Phycomyces ayant perdu la propriété d'élaborer ses facteurs de croissance, devient dépendant d'une substance auxogène qu'il est nécessaire d'ajouter au milieu; celle-ci est constituée par la vitamine B1 pure (aneurine); elle aide le microorganisme à synthétiser ses propres facteurs de croissance ([1]).

Des concentrés riches en aneurine, actifs sur *Phycomyces*, manifestant une thermostabilité beaucoup plus élevée que celle admise pour la vitamine B1, nous avons supposé l'existence d'un second facteur de croissance (facteur M) ([2]). La vitamine pure étant elle-même beaucoup plus thermostable qu'on ne pouvait s'y attendre, nous avons supposé que des produits de désintégration de l'aneurine, formés peut-être sous l'action de la chaleur, privés d'action sur l'animal, pouvaient encore jouer un rôle dans le métabolisme de *Phycomyces* et fonctionner comme facteurs de croissance. Le facteur M ne serait peut-être pas autre chose que l'un de ces produits.

On sait que la molécule d'aneurine peut être scindée en deux constituants, une substance pyrimidique et un thiazol ([3]). Travaillant avec les deux produits récemment synthétisés par Todd et Bergel ([4]), 4-amino-5-aminométhyl-2-méthylpyrimidine et 4-méthyl-5-oxyéthylthiazol, ainsi qu'avec l'acide nicotinique et son amide (produits transmis par M. B. C. J. G. Knight, qui nous a suggéré d'en faire l'essai avec *Phycomyces*), nous constatons que les quatre substances sont sans action lorsqu'elles sont utilisées seules, en remplacement de l'aneurine.

Sur milieu agarisé, le thiazol déclenche un développement un peu plus intense que celui du contrôle, sans facteur de croissance, mais de beaucoup inférieur à celui qui est conditionné par l'aneurine pure. Par contre, si l'on

---

([1]) W. H. Schopfer, *Comptes rendus*, 200, 1935, p. 1965.

([2]) W. H. Schopfer, *Zeitschr. f. Vitaminforsch.*, 4, 1935, p. 187.

([3]) R. R. Williams, R. E. Waterman, J. C. Keresztesy et E. R. Buchman, *Journ. Amer. chem. Soc.*, 57, 1935, p. 536.

([4]) A. R. Todd, F. Bergel et A. Jacob, *Journ. chem. Soc.*, 1936, p. 1555; A. R. Todd et F. Bergel, *ibid.*, 1937, p. 364.

adjoint au milieu inactif les deux constituants *ensemble*, chacun aux doses de 0,01 à 0,4$^{\gamma}$ par culture de 25$^{cm^3}$, on observe un développement en tous points identique à celui obtenu avec l'aneurine (molécule entière).

On peut donc conclure à une différence fondamentale entre l'action de la vitamine sur le microorganisme et celle exercée sur l'animal; chez ce dernier, seule la molécule entière, avec la liaison caractéristique des deux constituants, est capable de fonctionner comme vitamine.

Nous ne savons rien du mécanisme d'action de l'aneurine sur *Phycomyces;* il est possible que le microorganisme soit capable de scinder la molécule de vitamine et d'utiliser séparément les deux constituants, à des fins diverses. Cette hypothèse semble confirmée par l'observation que l'extrait d'un thalle de *Phycomyces*, cultivé en présence de vitamine Bl et capable d'activer une nouvelle culture du microorganisme, ne contient pas trace d'aneurine (test animal). On peut donc supposer que le microorganisme ne synthétise pas à nouveau la molécule de vitamine; en dernière analyse, ce n'est pas à celle-ci qu'il faut attribuer l'action caractéristique observée, mais bien à ses constituants.

Si nous admettons que le facteur de croissance n'intervient pas extérieurement à l'organisme (en agissant par exemple sur l'un des composants du milieu), mais qu'il est bien absorbé par *Phycomyces*, on peut supposer que les traces de thiazol et de pyrimidine donnent à l'organisme la possibilité de synthétiser quelque constituant important et indispensable de la matière vivante (autre facteur de croissance, enzyme, etc.).

Il n'est pas impossible que l'acide nicotinique et son amide, inactifs lorsqu'ils sont employés seuls, soient capables de renforcer l'action des facteurs de croissance lorsqu'ils leur sont ajoutés. Si les deux constituants sont capables d'agir sans se trouver sous forme de la combinaison caractéristique de l'aneurine, on peut s'expliquer certaines divergences observées lors de la comparaison des résultats fournis par les tests animal et végétal. *Phycomyces* n'en demeure pas moins le test le plus sensible connu pour la vitamine pure.

Il reste à démontrer si les deux constituants ensemble, dont on peut admettre l'existence simultanée dans un tissu, peuvent représenter le second facteur de croissance. D'autre part, connaissant la nature chimique exacte des facteurs actifs, il devient possible de rechercher jusqu'à quel point leur action est spécifique et de quelle manière de faibles modifications de structure retentissent sur l'action auxogène et son intensité.

PHYSIOLOGIE COMPARÉE. — *Étude des échanges minéraux chez les poissons homéiosmotiques.* Note [1] de Mme **Andrée Drilhon**, présentée par M. Paul Portier.

Dans notre étude sur la régulation minérale des poissons sténohalins (Carpe) nous étions arrivés aux conclusions suivantes : le sang d'un animal plongé dans un milieu enrichi progressivement en eau de mer maintient sa concentration moléculaire constante jusqu'à ce que le Δ du milieu extérieur atteigne — 0°,67. Cette valeur définit le « Δ critique ».

Pour des concentrations plus fortes du milieu extérieur le sang s'enrichit en sel (sodium, potassium, calcium, magnésium) et cela avec des valeurs différentes selon les cathions.

Nous avions émis l'hypothèse que le muscle intervenait dans la régulation minérale du milieu intérieur en se comportant comme un véritable « réservoir de sels ».

Ce sont les résultats concernant ces recherches que nous apportons ici.

Nous avons dosé les cathions alcalins et alcalino-terreux dans le muscle de Carpe ayant vécu :

24 heures dans l'eau de mer diluée se congelant à — 0°,90; 10 heures à — 1°,02; 1 heure et demie dans de l'eau de mer pure (se congelant à — 2°,02).

Nos résultats se rapportant à 1000g de tissus frais sont consignés dans le tableau ci-dessous :

	Eau douce —0°,02.	Bain n° 1 —0°,90 (24 heures).	Bain n° 2 —1°,02 (10 heures).	Eau de mer —2°,02 (2 h. 1/2).	Variations %.
Teneur en eau......	81 %	80,3 %	80 %	79,5 %	— 1,85 %
Matières minérales.	0,80 ‰	0,85 %	0,90 %	0,93 %	
Sodium...........	0,980 ‰	1,25 ‰	1,75 ‰	1,805 ‰	+ 84 %
Potassium........	3,50 ‰	2,95 ‰	2,65 ‰	2,60 ‰	— 24 %
Calcium..........	0,160 ‰	0,180 ‰	0,210 ‰	0,250 ‰	+ 56,6 %
Magnésium.......	0,010 ‰	0,018 ‰	0,020 ‰	0,0225 ‰	+ 120 %

Il résulte de la lecture de ce tableau que le muscle d'un animal sténohalin plongé dans un milieu hypertonique a sa teneur en sels augmentée. (La teneur en eau ne variant que de 2 pour 100 dans les cas extrêmes, l'enrichissement en sels ne peut être imputé à la déshydratation.)

(1) Séance du 10 mai 1937.

L'élévation du taux peut atteindre 84 pour 100 pour le sodium, 56,6 pour 100 pour le calcium, 120 pour 100 pour le magnésium.

Par contre le taux du potassium diminue de 24 pour 100.

Nos résultats rejoignent ici ceux de Kaplanski et Boldyrewa ([2]) sur le muscle du Cyprin doré.

Nous nous sommes demandé si le muscle des poissons *euryhalins* réagissait de la même façon lors des adaptations aux changements de salinité.

Nous savons que la régulation minérale du milieu intérieur n'est pas la même chez l'anguille que chez la carpe. En effet, chez l'anguille d'eau douce plongée brutalement dans l'eau de mer, le taux des substances salines s'accroît dans les premières heures, passe par un maximum et décroît régulièrement.

L'enrichissement en sels du muscle est analogue.

Le muscle d'une anguille d'eau douce plongée dans l'eau de mer augmente sa teneur en sels au bout de 2 heures et demie; chez l'animal adapté depuis plusieurs jours jusqu'à 1 an la salinité musculaire est presque identique à celle d'un animal vivant dans l'eau douce.

Les résultats analytiques sont les suivants :

	Eau douce.	Eau de mer (2 h. 1/2).	Eau de mer (1 an).
Teneur en eau	62,4 %	57,20 %	61,5 %
Potassium...............	1,817 ‰	2,92 ‰	1,95 ‰
Calcium	0,190 ‰	0,208 ‰	0,198 ‰
Sodium..................	0,906 ‰	1,74 ‰	1,02 ‰

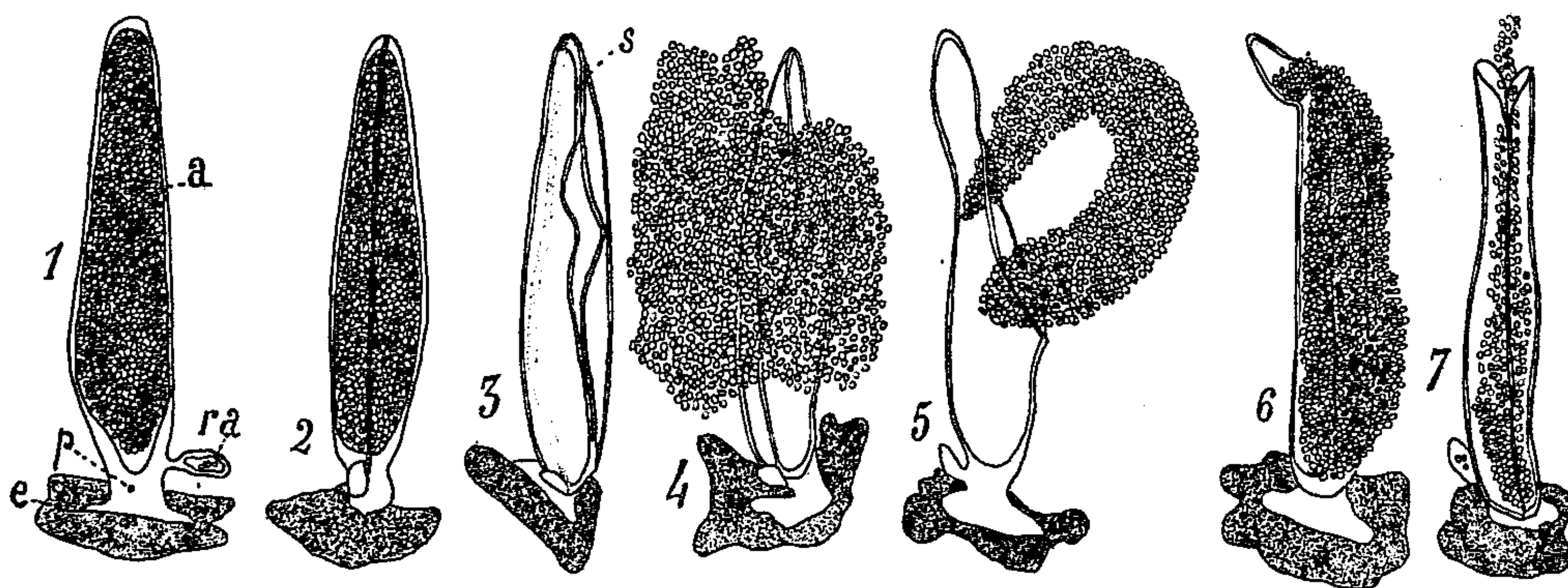
Pendant un temps très court (2 à 3 heures) l'anguille paraît donc se comporter comme la Carpe. Le poisson euryhalin se comporte sensiblement dans ces limites comme le poisson sténohalin. Mais le mécanisme d'équilibration de l'anguille temporairement altéré se rétablit rapidement et l'autonomie du milieu intérieur s'affirme à nouveau.

([2]) *J. Physiol. U. R. S. S.*, 14, 1933, p. 219-227 (en russe).

BIOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *Les mécanismes produisant la déhiscence des spermatophores d'*Eupagurus Brideauxi *Leach*. Note (1) de Mlle **M. Hamon**, présentée par M. M. Caullery.

D'après la description de S. Mouchet (2), les spermatophores de ce Crustacé Paguride possèdent la structure suivante :

Les spermies, noyées dans un liquide hyalin très fluide, forment une masse allongée, enfermée dans une *ampoule* (*a*, *fig.* 1). Celle-ci, par un court pédoncule (*p*), s'attache sur une *embase* (*e*) collante. Un petit *réser-*



1-2, spermatophores vus sur deux faces différentes; 3, coque vide avec ligne de suture colorée au bleu de toluidine; 4, déhiscence habituelle; 5, déhiscence avec colloïde floculé; 6, déhiscence en fente large; 7, déhiscence par des valves.

voir accessoire (*ra*) est fixé à la base de l'ampoule. Mais ce que l'auteur n'a pas vu, c'est qu'en réalité, l'ampoule n'est pas simple. Elle est constituée par 2 valves, soudées l'une à l'autre selon une ligne longitudinale, de position constante, qui fait le tour de la coque (*fig.* 2). La ligne de suture des valves peut se voir sous certaines incidences; mais le plus souvent, elle est fort difficile à observer; car elle se confond avec le bord de l'ampoule. On peut la voir en toute netteté sur les coques vides, surtout si on les colore au bleu de toluidine (*s*, *fig.* 3).

---

(1) Séance du 10 mai 1937.

(2) *Spermatophores des Crustacés décapodes, Anomoures et Brachyoures et castration parasitaire chez quelques Pagures* (*Thèse*, Paris, 1931).

D'autre part, le liquide hyalin entourant les spermies est en réalité un sol colloïdal très facilement coagulable.

Extraits de l'appareil génital et placés dans l'eau de mer, les spermatophores n'éclatent pas. Mais, comme l'a montré F. Bloch ([3]), sous l'influence d'une pression exercée de l'extérieur, on provoque leur déhiscence. Une fente apparaît, toujours au même endroit, par laquelle les spermatozoïdes sont projetés avec le liquide hyalin qui les enrobe. Les spermies ainsi libérées, se dissocient peu à peu en un nuage qui se disperse lentement (*fig.* 4). L'expérience prouve qu'à l'intérieur de la coque, il y a une légère pression, et que l'éclatement, dans les conditions décrites, s'effectue en un endroit privilégié. Pour qu'il ait lieu, il faut donc que la pression interne dépasse la résistance de l'ampoule en ce point. Or, celui-ci correspond à une *région de la ligne de suture* des deux valves. Cette ligne représente donc un lieu de moindre résistance de la coque spermatique.

La *pression de déhiscence* est due au gonflement par l'eau, du colloïde interne du spermatophore, et aussi des spermies elles-mêmes; et toute cause qui amènera l'eau à l'intérieur du réservoir, pourra provoquer son ouverture. On voit donc que les variations de perméabilité à l'eau de la paroi de l'ampoule pourront jouer un rôle dans la déhiscence du spermatophore. Mais la coque elle-même est un colloïde élastique et plus rigide. Il peut aussi s'imbiber d'eau, se gonfler et se distendre. Pour qu'il y ait éclatement, il faudra donc que la pression interne dépasse la limite d'élasticité de l'ampoule et la résistance de la suture. Ceci paraît le cas de l'eau distillée. Les spermatophores se dilatent tous, mais une certaine proportion seulement éclate; le colloïde interne est floculé en un boudin gonflé (*fig.* 5).

Dans l'eau acidulée, la dilatation d'ensemble du spermatophore a encore lieu; mais il n'y a jamais d'éclatement. Cela peut s'interpréter, soit par une augmentation de la résistance de la ligne de suture, soit par une diminution relative de l'imbibition du colloïde central.

Dans l'eau alcalinisée, on observe un gonflement d'ensemble, qui peut être considérable. Il y a toujours éclatement, dû, soit à une diminution de la résistance de la suture, soit à une augmentation très rapide de la pression. Il est à remarquer qu'il y a projection de la masse spermatique dilatée, mais solide. Les sels de l'eau de mer paraissent diminuer fortement la perméabilité à l'eau de la coque, ainsi que les solutions isotoniques de chlo-

---

([3]) *Trav. Stat. Zool. Wimereux*, 12, 1935, p. 183.

rures alcalins (K, Na) ou alcalino-terreux (Ca, Mg) ou de glucose. La pression osmotique externe joue donc un rôle dans l'imbibition du colloïde central.

Les variations de résistance de la ligne de suture apparaissent nettement dans l'action du produit de macération du foie. Il ne semble pas augmenter la pression interne; mais le ciment de la ligne de suture est plus ou moins dissous et l'ouverture se fait par une fente large (*fig.* 6), ou deux valves terminales (*fig.* 7).

En définitive, l'éclatement des spermatophores d'*E. Prideauxi* relève de deux grands mécanismes très distincts :

1° *Augmentation de la pression interne*, qui peut être produite :

a. Par une *pression mécanique* appliquée sur l'ampoule;

b. Par une *action osmotique simple*, la coque fonctionnant comme une membrane perméable, modifiable par les agents externes;

c. Par *imbibition du liquide interne floculé;*

d. Par *gonflement simultané des spermies et du colloïde.*

2° *Diminution de la résistance de la ligne de suture*, par attaque ou digestion du ciment qui réunit les deux valves.

D'ailleurs ces deux mécanismes ne sont pas exclusifs l'un de l'autre et peuvent intervenir en même temps.

BIOPHYSIQUE. — *Sur le mécanisme de la mort cellulaire par les hautes pressions; modifications cytologiques accompagnant la mort chez la levure.* Note de M. **Basile Luyet**, présentée par M. Alexandre Guilliermond.

Une pression de 4800^{atm} tue en 2 minutes, environ 20 pour 100 des cellules d'une culture de levure (*Saccharomyces cerevisiæ*), une pression de 6000^{atm} en tue environ 75 pour 100. Nous nous proposons de décrire dans cette Note les détails cytologiques observés à l'ultramicroscope dans les cellules tuées à 4800^{atm} et à 6000^{atm} et dans les cellules survivantes soumises à ces pressions pendant 2 minutes.

Les cellules vivantes, non pressées, montrent à l'ultramicroscope une moyenne de 5 à 6 granules réfringents, souvent animés de mouvement brownien, et faciles à compter. Les cellules pressées à 4800^{atm} présentent, en plus des granulations précédentes, des grains plus petits, difficiles à compter. Les cellules pressées à 6000^{atm} contiennent un nombre plus consi-

dérable de granulations plus grandes, parfois agglomérées en un réseau, et pratiquement impossibles à compter ([1]). Dans ces expériences il est donc possible de suivre pas à pas un processus graduel de floculation et de coagulation. Pour l'instant nous ignorons totalement si cette coagulation est de même nature que celle produite par la chaleur.

Mais les cellules que nous avons appelées mortes parce qu'elles prennent le bleu de méthylène après compression à 4800^{atm}, ne semblent pas contenir plus de granulations réfringentes que les cellules survivantes. D'autre part, les cellules survivantes après compression à 6000^{atm} ne semblent pas contenir moins de granulations que les cellules colorables. La perte de la semi-perméabilité et la coagulation sont donc deux phénomènes dissociables en ce sens qu'une cellule peut prendre le bleu de méthylène et n'être apparemment qu'au début de la coagulation ou, au contraire, présenter une coagulation assez avancée et ne pas prendre le colorant. Des expériences sont en cours sur le problème de la réversibilité de cette coagulation.

Les cellules tuées sont plus petites que les cellules vivantes. Une mesure au micromètre oculaire a donné $5^{\mu},1$ sur $4^{\mu},2$ pour le rapport du grand axe au petit axe chez les cellules vivantes et $4^{\mu},6$ sur $3^{\mu},6$ chez les cellules mortes (moyenne de 100 cellules de chaque catégorie). Le grand axe diminuant d'une fraction moindre les cellules tuées ont donc une forme plus allongée que les cellules vivantes. Ces mesures ont été faites dans des cultures où les cellules étaient ou toutes tuées ou toutes vivantes, ce ne sont donc pas les petites cellules qui meurent avant les autres, il s'agit bien ici d'un rétrécissement accompagnant la mort.

Les membranes des cellules mortes sont intactes, sur fond noir on peut suivre aisément leurs contours et se convaincre qu'ils ne présentent aucune rupture. Le contenu cellulaire n'est pas sorti de la membrane, on s'en rend compte en comparant des cellules tuées par pression hydrostatique et des cellules brisées par pression mécanique, dans ces dernières on peut observer le contenu dispersé et la membrane ébréchée. Comme nous avons toujours utilisé la méthode de la détente brusque, il semble donc que les phénomènes observés à la décompression chez les animaux supérieurs, tels que la mise en liberté de gaz dissous ou la lacération des cellules, ne jouent pas de rôle appréciable chez la levure, dans les conditions mentionnées. Nous avons d'ailleurs mis en évidence par la méthode statistique l'inefficacité de la

([1]) Des photographies seront publiées dans un autre Recueil.

détente brusque (du moins après des pressions de courte durée). Une série d'expériences où la pression a été établie par degrés pendant 3 minutes, maintenue à son maximum de 5000^{atm} pendant le même temps, puis relâchée par degrés pendant 3 minutes a fourni 48, 43 et 45 pour 100 de cellules mortes; les cultures témoins traitées à la même pression maxima, mais avec ascension rapide et détente brusque, ont donné 45, 43 et 42 pour 100 de cellules mortes.

Résumé. — Le processus de la mort de la levure par les hautes pressions est précédé d'une floculation ou coagulation graduelle, qui peut se produire sans la perte de la semi-perméabilité. Les cellules tuées subissent un rétrécissement, mais leurs membranes sont intactes. La détente brusque ne produit aucune lacération et n'augmente pas le pourcentage de cellules mortes.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Le cuivre, le zinc et le cobalt dans les organes des mollusques lamellibranches.* Note (1) de M. **Robert Paulais**, présentée par M. Gabriel Bertrand.

Nous avons indiqué (2) quelques résultats relatifs au dosage du nickel dans les organes des mollusques lamellibranches et signalé que nous utilisions, pour son isolement, la méthode au zincate de calcium, qui sépare également le cuivre, le zinc et le cobalt. L'importance des prises d'essai nécessaires au dosage du nickel permettant ceux du cuivre et du zinc, nous les avons dosés en même temps que le nickel dans les organes des mollusques, et nous avons tenté également le dosage du cobalt.

Le zinc a été dosé par voie pondérale, à l'état de sulfate de zinc anhydre, selon la technique de G. Bertrand et Javillier (3). Pour le cuivre et le cobalt, nous avons utilisé des méthodes colorimétriques, l'intensité de la coloration étant appréciée au moyen du photomètre à cellules photoélectriques de P. Meunier (4).

Pour le cuivre, lorsque la prise d'essai en contenait suffisamment, nous avons utilisé la coloration donnée par ses sels avec l'ammoniaque. Pour des

(1) Séance du 10 mai 1937.
(2) *Comptes rendus*, 203, 1936, p. 685.
(3) *Bull. Soc. Chim.*, 3, 1908, p. 114.
(4) *Thèse Doct. Sciences phys.*, Paris 1936.

teneurs de $0^{mg},5$ à 3^{mg} de cuivre dans 10^{cm^3}, l'erreur absolue de la mesure est de $0^{mg},02$; c'est là une méthode de dosage rapide et précise, susceptible d'être généralisée à tous les cas de dosage du cuivre, pour des prises supérieures à $0^{mg},5$ de métal.

Une telle quantité de cuivre dans nos prises d'essai étant exceptionnelle, il nous a fallu, dans la majorité des cas, recourir à la coloration brune du ferrocyanure de cuivre, vingt fois plus sensible environ. Cette technique est d'une application plus difficile que la précédente; il est nécessaire d'obtenir un hydrosol de ferrocyanure de cuivre parfaitement limpide, donc d'éviter la présence de métaux donnant des ferrocyanures insolubles, et amorçant la floculation du ferrocyanure de cuivre. Nous y sommes parvenus, en séparant au préalable, le cuivre des autres métaux précipitant par l'hydrogène sulfuré en milieu chlorhydrique, à l'état de combinaison avec le sulfocyanure d'ammonium et la pyridine, selon la technique de Spacu. Le complexe est isolé par épuisement au chloroforme et transformé en ferrocyanure de cuivre. L'erreur absolue de la mesure est de $0^{mg},002$, pour des solutions renfermant de $0^{mg},01$ à $0^{mg},2$ de cuivre dans 10^{cm^3}.

La teneur en cobalt des animaux étant très faible, la coloration obtenue par l'action de la diméthylglyoxime est insuffisante. Nous avons utilisé la teinte orangée donnée par l'α-nitroso-β-naphtol et avons pu ainsi évaluer des quantités de cobalt de 1 à 10^{γ} dans 10^{cm^3}, avec une erreur absolue de $0^{\gamma},1$.

Les principaux résultats sont les suivants :

	Milligrammes pour 1000^g de matière sèche.		
	Zinc.	Cuivre.	Cobalt
Mya arenaria.			
Siphons	16	6	0,140
Branchies	78,9	8,4	0,69
Manteau	60	6,5	non décelé
Hépato-pancréas	81,3	12,25	0,45
Pied, organes génitaux	157	10,4	non décelé
Muscles	non décelés dans $4^g,75$ d'organe sec		
Pecten maximus.			
Branchies, manteau	107	8,6	0,55
Hépato-pancréas	740	32,4	0,76
Pied, organes génitaux	400	18,5	non décelé
Muscle	250	3	non décelé

	Milligrammes pour 1000g de matière sèche.		
	Zinc.	Cuivre.	Cobalt.
Gryphea angulata.			
Branchies	3020	214	0,85
Manteau	3030	292	0,92
Hépato-pancréas, organes génitaux	3870	252	0,22
Scrobicularia piperita.			
Siphons, branchies, manteau	92,9	22	0,44
Hépato-pancréas	388	25	1,28
Pied, organes génitaux	60	12,5	non décélé
Cardium edule.			
Branchies, manteau	25,2	4,9	1,7
Pied, organes génitaux	113	12,3	0,59
Hépato-pancréas	137,5	17	0,69

Les résultats relatifs au zinc confirment ceux de G. Bertrand et Vladesco ([5]) : la gryphée est exceptionnellement riche et, parmi ses organes, en particulier l'hépato-pancréas et les organes génitaux. Pour le cuivre, la gryphée présente aussi une teneur très élevée; parmi les organes, l'hépato-pancréas se montre le plus riche.

Pour le cobalt, les prises d'essai utilisées (4 à 10g de matière sèche) ont été, dans plusieurs cas, insuffisantes. Sa localisation semble parallèle à celle du nickel, mais *Cardium edule* ne présente pas la teneur élevée que nous avons signalée pour le nickel. D'une manière générale, il y a moins de cobalt que de nickel dans les organes correspondants.

PHYSIOLOGIE MICROBIENNE. — *La fonction de l'hémine, facteur de croissance pour* Hemophilus influenzæ. Note ([1]) de M. **André Lwoff** et Mme **Marguerite Lwoff**, présentée par M. Félix Mesnil.

L'hémine est depuis longtemps reconnue (Olsen 1920, Fildes 1921) comme l'un des facteurs de croissance (facteur X) pour *Hemophilus*

([5]) *Bull. Soc. Chim.*, 33, 1923, p. 341.

([1]) Séance du 10 mai 1937.

influensæ, mais son mode d'action n'a jamais été élucidé ([2]). Cependant le rôle de l'hémine, en tant que facteur de croissance, a été déterminé pour certains Trypanosomides ([3]) : ces Flagellés parasites l'utilisent pour la synthèse de leur système catalytique respiratoire ([4]). Nous avons recherché si l'hémine intervient de la même manière dans le métabolisme des Bactéries parahémotrophes.

Les conditions de l'expérimentation sont les suivantes : on mesure comparativement la respiration des bactéries additionnées ou non du facteur dont on étudie l'action. Il est indispensable d'utiliser des cultures dont la multiplication est arrêtée faute de ce facteur. Dans le cas qui nous occupe, nous avons donc d'abord établi la dose limite de sang (source d'hémine) nécessaire pour *Hemophilus influensæ*. En eau peptonée, additionnée de facteur V en excès, sous forme d'extrait de levure, cette dose limite est de 1 pour 4 à 5 millions de sang, soit environ 1 pour 1 milliard d'hémine. Aux dilutions limites, le développement est en relation avec la quantité d'hémine présente dans le milieu.

Les cultures destinées aux mesures de respiration sont faites dans des fioles plates contenant 150$^{cm^3}$ d'eau peptonée + un excès de facteur V (extrait de levure) + du sang défibriné hémolysé de lapin à la dilution de 1 pour 3000000 à 1 pour 3750000. On ensemence avec 1$^{cm^3}$ d'une culture de 6 heures à 37° en eau peptonée + facteur V + sang à 1 pour 1200000. Après 20 à 27 heures à 37°, les cultures sont centrifugées et le culot repris en eau peptonée additionnée de facteur V. L'émulsion bactérienne est alors introduite à raison de 2$^{cm^3}$ dans les récipients de manomètres de Warburg. Dans le diverticule, on ajoute 0$^{cm^3}$,4 d'eau peptonée (telle quelle ou additionnée d'hémine ou de sang en quantité connue) que l'on mélange à la suspension microbienne au moment voulu. Ainsi l'on mesure, à 37°, la consommation d'oxygène des bactéries, comparativement avec ou sans hémine. La respiration des bactéries, en présence d'hémine, est notablement augmentée : l'hémine en excès (660$^{\gamma}$ de sang)

([2]) Le deuxième facteur, le facteur V, indispensable au développement du bacille de Pfeiffer, a été récemment identifié par nous-mêmes aux pyridine-nucléotides (cozymase de Harden et Young ou coferment de Warburg), *Comptes rendus*, **203**, 1936, p. 520 et 896.

([3]) Mlle M. Lwoff, *Annales Institut Pasteur*, **51**, 1933, p. 55.

([4]) A. Lwoff, *C. R. Soc. Biol.*, **113**, 1933, p. 231 et *Centr. f. Bakt., I, Orig.*, **130**, 1934, p. 498.

nous a permis d'observer des pourcentages d'augmentation de 156, 177, 197, 199, 324, 397 ([5]).

Cette augmentation de la respiration est très rapide et doit s'effectuer en moins de 7 minutes. La consommation d'oxygène du témoin, comme celle des bactéries + hémine, reste constante pendant 60 à 90 minutes, puis montre une tendance à diminuer. Enfin, au voisinage des doses limites, 6 à 30 γ de sang, il y a une relation très nette entre la valeur de l'augmentation de la consommation d'oxygène et la quantité de sang ajoutée.

Le fait que l'augmentation de la respiration est en relation avec la quantité d'hémine fournie montre bien que l'hémine entre dans la constitution d'un système catalytique. Remarquons que le facteur V, qui intervient lui aussi dans le système respiratoire, est hors de cause dans nos expériences puisque nos cultures et nos mesures de respiration sont toujours faites dans des milieux qui le renferment en excès.

L'hémine, considérée comme facteur de croissance, entre donc dans la constitution du système catalytique respiratoire d'*Hemophilus influenzæ*. Elle possède, pour cette bactérie, la même fonction que pour le flagellé *Strigomonas fasciculata*. On peut supposer que, dans un cas comme dans l'autre, elle est utilisée pour la synthèse du cytochrome et de la cytochromoxydase, de la catalase et de la peroxydase.

Si l'on considère le schéma de Keilin (1932)

substrat — déhydrogénases — codéhydrogénases → cytochrome —
cytochromoxydase — oxygène,

on constate que l'absence d'hémine (facteur X) entraîne l'absence complète de catalyseurs-transporteurs qui aboutissent à la combinaison de l'oxygène avec l'hydrogène activé par le système déhydrogénases-codéhydrogénases. Mais l'hydrogène peut également emprunter la voie (Wieland-Thunberg-Warburg)

substrat — déhydrogénases — codéhydrogénases — ferment jaune,

et se combiner soit à l'oxygène, soit à d'autres accepteurs d'hydrogène.

Cette chaîne de réactions, on le voit, est interrompue en l'absence de pyridine-nucléotides. Et nous avons constaté, en effet ([6]), que l'absence de facteur V entraîne, pour *Hemophilus parainfluenzæ*, une quasi immobilisation de l'hydrogène aussi bien en aérobiose qu'en anaérobiose.

([5]) Voir A. et M. Lwoff, *Annales Institut Pasteur* (sous presse).
([6]) *Comptes rendus*, 203, 1936, p. 896.

MÉDECINE EXPÉRIMENTALE. — *Le pouvoir antitoxique du glutathion. Recherches sur le venin de Cobra.* Note de MM. **Léon Binet**, **Georges Weller** et **Charles Jaulmes**, présentée par M. Charles Achard.

Poursuivant depuis longtemps des recherches sur le glutathion, nous avons eu l'occasion d'aborder le problème de son pouvoir antitoxique, signalé par différents auteurs à l'égard de certains poisons minéraux. Parmi les observations que nous avons faites au cours de ces derniers mois, nous présentons aujourd'hui celles relatives au venin de Cobra.

Toutes nos expériences ont été faites sur des cobayes adultes (pesant entre 300 et 400^{g}). Le venin de Cobra sec est dissous, toujours extemporanément, dans l'eau distillée et introduit par la voie sous-cutanée. Les échantillons de venin utilisés tuaient régulièrement les cobayes du poids indiqué en 4 à 6 heures, à la dose de $0^{mg},25$ par kilogramme. Dans nos expériences nous considérons cette quantité de venin comme la dose minima mortelle.

Pour mettre en évidence le pouvoir antitoxique du glutathion, nous avons mélangé des solutions aqueuses de glutathion réduit et de venin. Le mélange injecté à chaque cobaye contenait, sous le volume de 1^{cm^3}, 40^{mg} de glutathion réduit et une quantité de venin sec correspondant à $0^{mg},33$ par kilogramme. Étant donné l'acidité des solutions de glutathion réduit nous les avons au préalable neutralisées avec du bicarbonate de sodium et les mélanges ainsi neutralisés étaient laissés en contact pendant une heure à la température du laboratoire.

L'apparition des symptômes d'intoxication chez les animaux qui avaient reçu ces mélanges par voie sous-cutanée a été nettement retardée et dans certains cas les animaux ont survécu.

La neutralisation par le bicarbonate de sodium des mélanges ainsi préparés étant lente à se stabiliser, nous avons remplacé ce dernier par le phosphate trisodique.

Nous avons alors, dans une deuxième série d'expériences, ajouté les dilutions de venin aux solutions de glutathion réduit ajustées par la méthode colorimétrique à un pH déterminé, à l'aide d'une solution de phosphate trisodique à 10 pour 100. Nous avons injecté aux cobayes des mélanges dont le pH variait entre 6,6 et 8,4.

Dans ces conditions nous avons obtenu régulièrement des survies avec

des mélanges ajustés à des pH compris entre 7,4 et 8,4, tandis que, avec des solutions dont le pH était inférieur à 7,4 les animaux mouraient, avec cependant un certain retard sur les témoins.

Nous concluons de ces expériences que le glutathion réduit manifeste *in vitro* et à un pH compris entre 7,4 et 8,4 un certain pouvoir antitoxique à l'égard d'une quantité de venin de Cobra supérieure à la dose minima mortelle.

La séance est levée à 15^h45^m.

E. P.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

OUVRAGES REÇUS PENDANT LES SÉANCES D'AVRIL 1937.

Œuvres médicales d'Alexandre de Tralles, par le Dr F. BRUNET, in *Les douze livres de Médecine*, tome, III. Paris, librairie orientaliste Paul Geuthner, 1936; 1 vol. 25^{cm} (présenté par M. M. de Broglie).

The structure of light, explained by classical méchanics, par SANTIAGO ANTUNEZ DE MAYOLO. Lima-Peru, « Empresa editorial Rimac », 1937; 1 fasc. $24^{cm},5$ (présenté par M. L. de Broglie).

Géologie et Pédologie. Contribution à l'étude des formations quaternaires de la plaine d'Alsace, par J. FRANC DE FERRIÈRE. Strasbourg, Imprimerie Alsacienne, 1937; 1 vol. 25^{cm}.

Nikola Tesla. Livre commémoratif à l'occasion de son 80e anniversaire. Belgrade, édition de la Société pour la Fondation de l'Institut Nikola Tesla, 1936; 1 vol. $24^{cm},5$.

Principles of soil microbiology, par SELMAN A. WAKSMAN. Baltimore, The Williams et Wilkins Cy, 1927; 1 vol. $23^{cm},5$.

Remise de la médaille Mascart à M. le professeur Arthur-Edwin Kennelly, in *Société française des Électriciens*. Paris, Gauthier-Villars, 1937; 1 fasc. $26^{cm},5$.

Les moyens de la domination. La magie, par le Dr JULES REGNAULT, extrait de la *Grande encyclopédie illustrée des sciences occultes*. Strasbourg, editorial Argentor, 1937; 1 fasc. 24^{cm}.

Université l'Aurore 1936. *Constructions nouvelles. Exposition du Livre français.* Shanghaï, 1936; 1 fasc. $20^{cm} \times 27^{cm}$.

Základy srovnávací morfologie bezobratlých, par le Dr M. NOVIKOV, in *Nová*

encyklopedie přirodních Věd vydává druhá tridá České Akademie. Praze, České Akademie Vèd a Umèni, 1936; 1 vol. 24^{cm},5 (en langue tchèque).

Pohlavní Rozdíly na lebce Člověka (Revise problèmu, podle vlastního materiálu), par L. BOROVANSKÝ. Praze, Ĉeskè Akademie Vèd a Umèní, 1936; 1 vol. 27^{cm} (en langue tchèque).

Erozia potchv, in *Institut V. V. Dokoutchaeva de l'Académie des sciences de l'U. R. S. S.* Moscou-Leningrad, 1937; 1 vol. 26^{cm},5 (en langue russe).

I. Medicinali e il metodo Rinaldi per la cura delle artriti, par D. MAROTTA, G. LAZZARINI, A. CALO, in *Ministero dell' Interno istituto di sanita pubblica.* Rome, 1937; 1 fasc. 26^{cm}, 5.

Om tertiära vedrester av sequaia typ i nordöstra skånes kvartärformation, par TORE LINNELL, in *Sveriges geologiska undersökning*, Série C, n° 406. Stockholm, Norstedt et Söner, 1936; 1 fasc. 24^{cm}.

Jordskalv i Sverige, 1931-1935, par K. E. SAHLSTRÖM, in *Sveriges geologiska undersökning,* Série C, n° 407. Stockholm, Norstedt et Söner, 1936; 1 fasc. 24^{cm}.

Årsberättelse för år 1935, in *Sveriges geologiska undersökning.* Stockholm, Norstedt et Söner, 1936; 1 fasc. 24^{cm}.

Beskrivning till Kartbladet fårö, par H. MUNTHE, J. E. HEDE, G. LUNDQVIST, in *Sveriges geologiska undersökning,* Série A*a*, n° 180. Stockholm, Norstedt et Söner, 1936; 1 fasc. 24^{cm}.

Carte géologique de Fårö, par J. E. HEDE, G. LUNDQVIST, H. MUNTHE, in *Sveriges geologiska undersökning*, Série A*a*, n° 180. Stockholm, 1936; 1 pl. 1/50000e, 60^{cm} × 86^{cm}.

Humus. Origin, Chemical Composition and Importance in Nature, par SELMAN A. WAKSMAN. Baltimore, The Williams et Wilkins Cy, 1936; 1 vol. 23^{cm},5.

Bidragen tot de oudere koloniale geschiedenis van het eiland Formosa, par F. R. J. VERHOEVEN. La Haye, J. C. van Langen; 1 vol. 24^{cm},5.

Inventaire des Périodiques des bibliothèques de Strasbourg, par MARIE KUHLMANN. Strasbourg, Bibliothèque Nationale et Universitaire, 1937; 1 vol. 28^{cm}.

Congresso Medico commemorativo do Centenario do Hospital da *Santa Casa da Misericordia de Santos*, par E. DE CERQUEIRA FALÇÃO. São Paulo, Escola Profissionaes Salesianas, 1936; 1 fasc. 23^{cm}.

Study Referring to the relation betwen the specific inductive capacity and the refractive index of light and of density, par LUIS FELIPE VEGAS. Caracas, Casa de Especialidades, 1936; 1 fasc. 24^{cm}.

ERRATA.

—

(Séance du 19 avril 1937.)

Note de M. *Paul Delens*, Sur les figures de Lemoine et de Brocard dans le tétraèdre :

Page 1151, ligne 3 du bas, formule (2), *au lieu de* $\overline{O\omega_J}$, *lire* $\frac{d_J}{R}\cdot\overline{O\omega_J}$.

(Séance du 3 mai 1937.)

Note de MM. *D. G. Dervichian* et *Maurice Joly*, Sur la viscosité des couches superficielles monomoléculaires :

Page 1320, le tableau doit être rectifié de la façon suivante :

	Débit réduit QL/P pour $T = 17^{\circ}$.					
Corps. D(mm) =	0,66.	1,17.	2,65.	3,82.	6.	13,3.
Acide stéarique sur HCl N/100 (état fluide).	0,055	0,22	1,6	3,1	7,2	22
Acide oléique sur HCl N/100............	0,095	0,32	1,8	3,5	7,9	22
Trioléine sur eau distillée..............	0,120	0,35	1,9	3,8	8,4	23
Tribenzoïne sur eau distillée............	0,180	0,46	2,4	4,7	10,1	25

Note de Mlle *France Bloch*, Contribution à l'étude des thioacides :

Page 1342, ligne 3 de la Note, *lire* et en particulier l'acide monothionebenzoïque C^6H^5CSOH. Dans ce but, l'acide dithiobenzoïque C^6H^5CSSH [1] a été fait.

Note de M. *René Heilmann*, Sur l'isoamylidène-acétone :

Page 1346, ligne 2 en remontant, *au lieu de* semicarbone, *lire* semicarbazone.

(Séance du 10 mai 1937.)

Note de MM. *Jean Bosler* et *Henri Roure*, Sur la disparition de la Comète de Biéla :

Page 1383, ligne 9, *au lieu de* i, *lire* $\pi - i$; ligne 13, *au lieu de* 0,0138, *lire* 0,026; ligne 14, *au lieu de* 1,013, *lire* 0,994.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 24 MAI 1937.

PRÉSIDENCE DE M. EMMANUEL LECLAINCHE.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Ministre de l'Éducation nationale** adresse ampliation du décret, en date du 13 mai 1937, portant approbation de l'élection que l'Académie a faite de M. **Auguste Chevalier** pour occuper dans la Section de Botanique la place vacante par le décès de M. *J. Costantin*.

Il est donné lecture de ce décret.

Sur l'invitation de M. le Président, M. **Auguste Chevalier** prend place parmi ses Confrères.

GÉOLOGIE. — *Nouvelles données sur l'existence de Bactéries dans les roches sédimentaires anciennes*. Note de M. **Lucien Cayeux**.

Les recherches que j'ai entreprises, dans l'espoir de découvrir des Bactéries dans les roches sédimentaires anciennes, ont été guidées, à l'origine, par la notion des milieux conservateurs des structures organisées les plus délicates, sur lesquelles j'avais appelé l'attention depuis longtemps. A cet égard, les milieux phosphatés s'inscrivent au premier rang [1]. Viennent ensuite les composés ferrugineux, dont l'opacité est malheureusement un obstacle à l'observation des microorganismes, de taille exceptionnellement exiguë.

Mes investigations, au point de vue bactérien, dans les milieux ferrugineux, qui font l'objet principal de cette Note, s'inspirent au surplus d'une toute autre considération. L'étude de nombreuses anomalies, que présente

---

[1] L. Cayeux, *Comptes rendus*, 203, 1936, p. 1198.

l'évolution minéralogique des oolithes de nos minerais de fer paléozoïques et mésozoïques, nous enseigne que la chimie minérale est constamment en défaut, pour expliquer, à elle seule, les nombreuses transformations subies par les oolithes ferrugineuses, et que l'histoire de ces minerais n'est intelligible que si elle est, tout au moins pour partie, l'œuvre d'agents bactériens ([2]).

Les recherches exécutées dans cette voie, à l'aide de la microphotographie en lumière infrarouge, et avec le précieux concours de mon assistant, M. A. Randoin, ont donné des résultats, tantôt négatifs et tantôt positifs. Les premiers signifient, ou que les Bactéries manquent, ou qu'elles sont masquées par la grande opacité des oxydes de fer photographiés. Ceux qu'on obtient, en partant des minerais partiellement chloriteux, comme le sont fréquemment nos minerais ordoviciens de Normandie, tendent à faire supposer que la seconde hypothèse répond à la réalité. Par exemple, des minerais de La Ferrière-aux-Étangs (Orne), caractérisés par un grand développement de bavalite vert tendre, remarquablement limpide, se sont révélés très riches en Bactéries, visibles avec un grossissement de 800 diamètres.

Limitées à un nombre très restreint de types d'âge différent, choisis parmi les minerais de fer oolithique de France, ces recherches ont permis de constater la présence de Bactéries dans des minerais barrémiens, jurassiques, dévoniens et siluriens. Ceux de La Ferrière-aux-Étangs déjà mentionnés et du Gédinnien de Bas-Vallon (Côtes-du-Nord) sont de beaucoup les plus intéressants de la série passée en revue.

Le Huronien du Minnesota recèle d'immenses gisements de minerais de fer d'origine sédimentaire. On s'accorde à voir dans ces minerais les plus anciens de tous ceux qui trahissent encore leur nature première en dépit des profondes modifications qui les ont affectés. L'étude de roches oolithiques très minéralisées qui les accompagnent, recueillies sur place, en 1909, dans les grands centres d'exploitation du Mesabi-Range, les fait rentrer dans la catégorie des dépôts qui renferment des Bactéries et les montrent sur les plaques photographiées à la lumière infrarouge. Telles sections de ces roches en contiennent des légions.

A la vérité, il n'est pas nécessaire de limiter les recherches aux milieux réputés les plus conservateurs des structures organisées pour observer des

---

([2]) L. Cayeux, *Et. Gîtes min. de la France*, 1922, p. 948; *Rev. univ. des Mines*, 8e série, 5, 1931, *Extr.*, p. 14, etc.

Bactéries fossiles. Des investigations, qui ne sont rien de plus, pour l'instant, que des coups de sonde, mettent en évidence une grande diffusion des Bactéries en dehors des milieux en question. D'ores et déjà, on peut en signaler l'existence dans des craies, marnes et silex du Crétacé supérieur du Bassin de Paris, dans des schistes cambriens de l'Ardenne ainsi que dans des schistes et phyllades du Précambien de la vallée de la Laize (Calvados), qui en sont particulièrement riches. Enfin, leur présence, en grand nombre, a été reconnue dans des schistes algonkiens de la Colombie britannique, qui m'ont été procurés par le très regretté Ch. D. Walcott.

Soulignons, en passant, que l'existence des Bactéries dans les sédiments algonkiens de l'Amérique du Nord a été constatée en deux régions très distinctes, et dans des dépôts foncièrement différents. Ainsi se trouve confirmée l'hypothèse formulée, en 1914, par Ch. D. Walcott de l'existence de Bactéries à l'époque algonkienne ([3]).

Deux faits découlent en toute clarté des précédentes données :

1° *L'existence des Bactéries dans les mers anciennes remonte à une très haute antiquité;*

2° *Ces Bactéries ont vécu en des milieux très variés.*

Dans le domaine des probabilités, il est légitime de supposer que les Bactéries ont fait leur apparition à une époque plus reculée que le Huronien, et aussitôt que le milieu marin a cessé d'être impropre à la vie. Cette conjecture tire sa justification de la présence de Bactéries, en proportion élevée, dans les plus vieux terrains qui ont plus ou moins conservé leur caractère sédimendaire originel.

A la lumière des faits acquis, on est tout naturellement enclin à se demander si le rôle attribué à la chimie minérale dans la genèse des roches sédimentaires n'a pas été considérablement exagéré, et si les actions bactériennes n'ont pas exercé une action prépondérante dans la formation des sédiments non détritiques. Dans l'affirmative, la solution de maintes questions génétiques, qui se heurte présentement à d'insurmontables difficultés, en pourrait être grandement simplifiée. Seule, l'exploration des fonds sous-marins actuels peut nous éclairer en la matière.

([3]) Ch. D. Walcott écrit à cette date : « Although the existence of Bacteria in Algonkian time has not been demonstrated from the observations already given..., it is quite probable that the Bacteria were a most important factor, in the deposition of the Algokian limestones », *in* Ch. D. Walcott, *Precambrian algonkian Algal Flora, Smithsonian Miscellaneous Collections,* 64, n° 2, 1914, p. 103.

CYTOPHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Sur la propriété des cellules végétales d'excréter le rouge neutre après l'avoir accumulé dans leurs vacuoles.* Note de MM. **Alexandre Guilliermond** et **Roger Gautheret**.

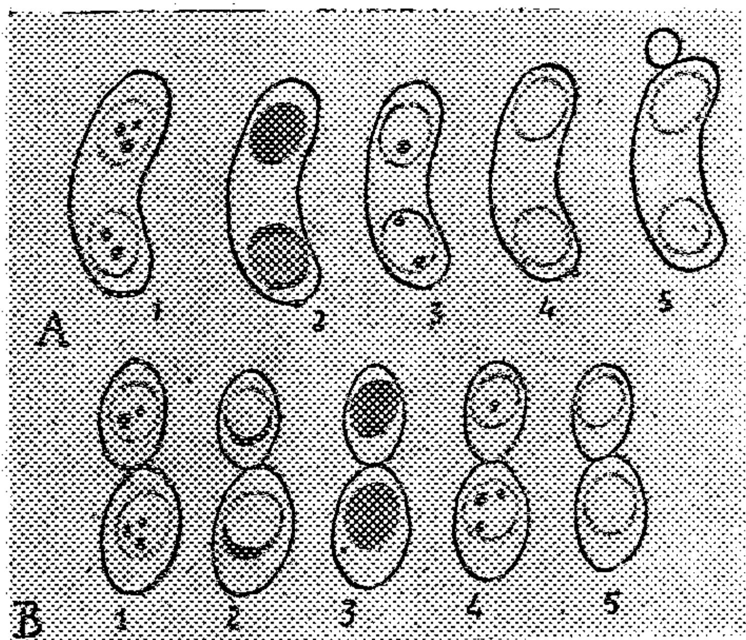
Nous avons fait connaître antérieurement (¹) les conditions dans lesquelles se produit la coloration vitale des vacuoles par le rouge neutre dans les cellules végétales, en particulier dans les Champignons. Celle-ci ne s'opère que si le pH du milieu est voisin de la neutralité ou alcalin et, pour la majorité des Champignons, elle ne se produit que dans les cellules ayant cessé de croître : en ce cas, elle est toujours suivie, quand la cellule reprend sa croissance, d'une décoloration de la vacuole. Les *Saprolegnia* se comportent différemment : ils accumulent le rouge neutre pendant leur croissance, mais en milieux nutritifs riches en aliments, ils se décolorent lorsque la croissance est très active. Les cellules sont donc capables, après avoir accumulé le rouge neutre, de se décolorer, soit immédiatement avant de croître, soit, dans le cas des *Saprolegnia*, au cours de leur croissance. Ces faits soulèvent un problème important, celui de la cause de la décoloration, que nous nous proposons d'étudier aujourd'hui. Le rouge neutre a un potentiel d'oxydoréduction qui ne permet guère d'envisager qu'il puisse se réduire dans les vacuoles et, diverses expériences relatées précédemment ont établi que cette réduction n'a pas lieu. Dès lors, on ne peut expliquer cette décoloration qu'en supposant que le colorant est détruit ou excrété par le Champignon.

Pour résoudre ce problème, nous avons choisi des Levures, le *Saccharomyces ellipsoideus* et une levure de boulangerie (Levure de Springer). Nous avons d'abord répété sur celles-ci, mais dans des conditions plus précises, l'une des expériences qui nous avait permis de constater la décoloration. Le *S. ellipsoideus*, ensemencé sur chambre de Ranvier dans une solution de peptone (1 pour 100) et de glucose (1 pour 100) gélosée, additionnée de rouge neutre (4^{mg} pour 100) à pH 8,2, fut observé au microscope à immersion. Au début, les cellules se colorent suivant le processus indiqué par l'un de nous : il y a formation dans la vacuole de précipités colorés et animés de mouvements browniens (*fig.* A et B) : ceux-ci confluent en un gros globule qui s'accole sur le bord de la vacuole et prend

(¹) *Comptes rendus*, 204, 1937, p. 1377.

une forme de croissant; finalement le précipité se dissout et la vacuole prend une teinte rouge diffuse. Au bout de 2 heures et demie environ, on constate que les cellules se décolorent par un processus inverse : la teinte rouge diffuse disparaît et fait place à la production dans la vacuole de précipités colorés; ceux-ci diminuent de volume, se décolorent et disparaissent; lorsque la décoloration est achevée, le bourgeonnement commence. La Levure de Springer s'est comportée de même, mais, pour elle, la décoloration a été plus rapide et était achevée au bout de 2 heures.

Les conditions de coloration et de décoloration étant connues, nous avons répété, en grand, la même expérience avec la Levure de Springer dans un liquide nutritif additionné approximativement de 5^{mg} pour 100



de rouge neutre dont nous déterminions, au moyen du colorimètre à cellule photo-électrique de Meunier, les variations de concentration en rouge neutre, au moment de l'accumulation du colorant dans les vacuoles et après la décoloration complète de celles-ci. Un prélèvement était fait avant l'introduction de la levure pour mesurer exactement la concentration initiale du rouge neutre, puis on introduisait dans le liquide $0^g,5$ pour 100 de levure. On procédait ensuite à des intervalles réguliers à des prélèvements du liquide qui étaient centrifugés : le culot était soumis au contrôle microscopique et le liquide dosé au colorimètre. Nous avons utilisé comme milieu de culture une solution de peptone (1 pour 100) et de glucose (1 pour 100) ou un milieu composé de SO^4Mg ($0^g,5$ pour 1000) PO^4K^2H ($0^g,8$ pour 1000), asparagine (3^g pour 1000) et saccharose (5^g pour 100).

Dans de telles expériences il fallait faire la part du rouge neutre qui pouvait être adsorbée par les membranes cellulaires. Nous y sommes

parvenus au moyen d'expériences effectuées à des pH acides, c'est-à-dire dans des conditions où l'accumulation du rouge neutre par les vacuoles est impossible. Dans une expérience faite avec le second milieu de culture (le premier ayant l'inconvénient de former des précipités aux pH acides) et à pH5, en partant d'une solution initiale de rouge neutre de 5^{mg} pour 100, un prélèvement opéré une demi-heure après l'introduction de la levure a montré que la concentration s'était abaissée à $3^{mg},2$ pour 100. Le culot ne renfermait que des cellules ne présentant aucune coloration de leurs vacuoles, il est donc probable que cet abaissement était dû à une adsorption du rouge neutre par les membranes. Dans une expérience semblable à pH6,6, c'est-à-dire très près de celui où les vacuoles accumulent ce colorant, nous avons obtenu, par centrifugation d'un premier prélèvement effectué au bout de 40 minutes, un culot à peine coloré, dans lequel de rares cellules montraient une coloration de leurs vacuoles, et un liquide dont la concentration en rouge neutre était descendue, de $4^{mg},2$ pour 100 et $3^{mg},6$ pour 100. Au bout d'une heure quarante, la concentration est remontée à $3^{mg},9$ pour 100 et le culot presque incolore ne montrait que quelques cellules mortes à protoplasme coloré et des particules (poussières ou précipités) accumulées autour de la levure et ayant adsorbé le colorant. Ici, l'adsorption par les membranes, si elle existe, n'est donc que très faible et négligeable. D'autres expériences nous ont montré qu'il en est de même à pH 8,2.

Ceci établi, nous avons procédé à des expériences semblables à pH 8,2, dans des conditions où toutes les cellules accumulent le rouge neutre, en employant le milieu peptone-glucose, l'autre milieu ayant l'inconvénient d'amener la mort d'une assez notable quantité de cellules qui troublent les résultats. Voici les résultats : la concentration initiale de rouge neutre avant l'introduction de la levure était de 4^{mg} pour 100. Un prélèvement effectué 25 minutes après l'ensemencement, c'est-à-dire au moment où l'accumulation du rouge neutre dans les vacuoles est à son maximum, a donné après centrifugation, un culot très fortement coloré et un liquide qui, comparé au liquide prélevé avant l'ensemencement, présentait une diminution très importante de coloration. Le culot ne renfermait que des cellules ayant accumulé le rouge neutre dans leurs vacuoles et le liquide dosé au colorimètre accusait un abaissement considérable de sa concentration en rouge neutre, celle-ci étant descendue à $1^{mg},5$ pour 100. Dans un second prélèvement opéré au bout de 1 heure 40, au moment où les cellules se décolorent, le culot était un peu coloré; la concentration du rouge

neutre était remontée à $3^{mg},6$ pour 100. Enfin, un dernier prélèvement fait au bout de 2 heures, c'est-à-dire lorsque toutes les cellules sont décolorées, a fourni un culot presque incolore et un liquide où la concentration du rouge neutre s'était élevée à 4^{mg} pour 100, c'est-à-dire était revenue presque à son point de départ. Le culot constitué uniquement de cellules incolores ne montrait qu'une mince pellicule superficielle, formée de quelques cellules mortes et de particules (poussières ou précipités) accumulés autour de la levure et ayant retenu le colorant. Cette expérience tout à fait démonstrative et d'autres semblables apportent la preuve que le colorant accumulé dans les vacuoles est excrété dans le liquide; la différence légère entre les concentrations initiales ($4^{mg},8$ pour 100) et finales (4^{mg} pour 100) s'explique par l'adsorption du colorant par des particules en suspension dans le liquide.

Il résulte donc de nos expériences que les levures placées dans un milieu additionné de rouge neutre à pH neutre ou alcalin passent d'abord par une période de latence pendant laquelle elles cessent de croître et accumulent le colorant dans leurs vacuoles : cette accumulation intense se traduit par un abaissement très important de la concentration du rouge neutre du liquide qui, pour un poids de levure de $0^{g},5$ pour 100, passe de $4^{mg},8$ pour 100 à $1^{mg},5$ pour 100. Au bout de 2 heures, les cellules se sont décolorées et cette décoloration s'accompagne d'une élévation consécutive de la concentration du rouge neutre du liquide qui remonte de $1^{mg},5$ pour 100 à 4^{mg} pour 100, c'est-à-dire devient assez sensiblement égale à la concentration initiale. Elle est donc due à une excrétion du colorant. Ce n'est qu'à partir de ce moment que la levure commence à bourgeonner et, dès lors, elle n'absorbe plus le colorant. Il resterait maintenant à expliquer le mécanisme physico-chimique de cette excrétion.

BIOLOGIE GÉNÉRALE. — *La double fécondation des plantes à fleurs et la disjonction des hybrides d'après la Correspondance de* HUGO DE VRIES *à* LÉON GUIGNARD. Note de M. **LOUIS BLARINGHEM**.

Les préparatifs de l'Exposition internationale de 1937, Palais de la Découverte, sous-section Génétique et Biologie végétales, m'ont procuré des documents du plus haut intérêt pour l'histoire des sciences : manuscrits de Dominique Villars, auteur de la *Flore du Dauphiné*, Correspondance de Mougeot et Grenier à Godron concernant la *Flore de France*, des cen-

taines de dessins et aquarelles inédits d'Alexis Jordan, Gaston Allard, E.-G. Camus et, plus importants encore pour l'étude des origines de la Génétique, les préparations, dessins originaux de notre Confrère Léon Guignard avec les lettres de nombreux correspondants dont Édouard Strasburger et Hugo de Vries. L'une d'elles est à mon avis un document capital; elle est datée du 25 novembre 1899 et fait allusion à la Note présentée par Léon Guignard le 4 avril 1899 à l'Académie des Sciences, *sur les Anthérozoïdes et la double copulation sexuelle chez les Végétaux Angiospermes*, titre qui précise qu'à cette date le savant français était convaincu de la portée générale de sa découverte. Hugo de Vries lui écrit :

Amsterdam, le 25 *nov.* 1899.

Monsieur et très honoré Confrère,

Je vous remercie vivement de tous les agréables envois que vous m'avez fait et surtout de votre note dans les « Comptes rendus de l'Académie des Sciences » sur les deux spermatozoïdes du tube pollinique et sur la fécondation de l'endosperme. C'est ce qu'il y a de plus beau et de plus inattendu dans notre science.

Aussi serais-je très heureux si je pouvais apporter une petite preuve à l'appui de votre thèse, et très fier si vous acceptiez mon expérience comme telle.

J'ai réussi à hybrider directement l'endosperme dans un des rares cas où les deux parents montrent des endospermes très différents.

J'ai fécondé le Maïs à sucre blanc, une variété très pure, par le pollen d'un Maïs à amidon, et l'endosperme des graines fécondées de cette manière a montré le caractère du père. A mon avis, la seule explication possible en est votre découverte de la fécondation du noyau générateur de l'endosperme.

J'ai le plaisir de vous offrir dans un colis postal cinq épis, à savoir :

1° *Un épi du Maïs à sucre blanc; toutes les graines dans cette variété sont toujours transparentes et ridées, pourvu que la fertilisation ait été pure.*

2° *Un épi du Maïs ordinaire, à amidon, pour contrôle.*

3° *Un épi de mon expérience de* 1898. *C'est un épi de la variété à sucre, fécondé en partie par le propre pollen (graines ridées) et pour la majeure partie fécondé artificiellement, par moi, avec le pollen d'un Maïs à amidon. Dans toutes les graines à surface lisse l'endosperme doit avoir été fécondé par le second anthérozoïde, vu qu'il montre le caractère du père, c'est-à-dire de la variété dont j'avais employé le pollen.*

C'est votre note qui m'a fait comprendre ce phénomène.

Les graines ridées de ces épis sont de race pure; elles ont donné en 1899 *une culture de Maïs sucré pur.*

Les graines lisses ou à amidon sont de nature hybride; j'en ai semé une partie en 1899 *et je vous envoie comme numéro :*

4° *Un épi de cette culture d'hybrides* (1899). *Fécondés par leur propre pollen ils ont donné des graines avec le caractère maternel et d'autres avec le caractère paternel.*

5° *J'ajoute un épi de Maïs à sucre dont deux graines ont été fertilisées accidentellement, par le vent, par le pollen d'un Maïs à amidon d'un lot éloigné de 4^m. Ce sont les deux graines lisses du milieu de l'épi.*

Je serais très curieux de savoir s'il vous serait possible d'observer sous le microscope la fécondation du noyau du sac embryonnaire dans le Maïs, et j'espère bien que (vous) voudrez en prendre la peine. Seulement, quand vous voudrez faire des semis, ne prenez pas les graines sur ces épis; cela serait trop dommage et j'espère bien pouvoir vous envoyer les graines que vous pourrez désirer, prises sur des épis moins beaux.

J'ai écrit une petite note sur cette expérience et j'ai prié M. Bonnier de bien vouloir la présenter à l'Académie des Sciences (¹).

Agréez, Monsieur, l'assurance de mes sentiments les plus respectueux.

HUGO DE VRIES.

Il m'a paru utile de donner le texte intégral de la lettre; il fournit, en plus de la Note (¹), la raison qui fait de cette découverte le point de départ de la *Génétique du* XXe *siècle*. Sans doute, le mérite des lois ou principes de la Génétique doit être accordé à Grégor Mendel et je dirai pourquoi; en 1899, les travaux, le nom même de G. Mendel étaient inconnus. Mais depuis vingt-cinq ans Ed. Strasburger avait imposé la notion générale de cellule pourvue d'un noyau, depuis vingt ans Ed. Strasburger et L. Guignard découvraient les chromosomes nucléaires, leur individualité, la réduction chromatique et confirmaient par des travaux de cytologie rigoureux les indications présumées par le philosophe Weissmann (1885). Or en 1889, Hugo de Vries, qui avait cherché à altérer la cellule, découvert la plasmolyse et préparé l'énoncé de la loi des solutions diluées de van't Hoff, H. de Vries donnait dans l'*Intracellulare Pangenesis* l'exposé de ses conceptions sur le mécanisme de l'hérédité. Dès 1890, attaquant le problème par les semis et les croisements, il édifiait la théorie de la *Mutation*, énoncée en 1900 au *Congrès international de Botanique de Paris*, et en même temps il donnait des preuves de la *Loi de disjonction des hybrides* (²), portant sur une quinzaine d'espèces (Maïs, Pavot, Muflier, Polemonium, Chelidoine, Œnothère, Lychnide), mettant en valeur que la forme spécifique, la plus ancienne et la plus répandue, domine (supprime) à la première génération les traits de la variété dite récessive; dans cette même Note, il vérifie les règles sur les monohybrides, les dihybrides, les polyhybrides. La lettre publiée ci-dessus ne laisse aucun doute sur la

(¹) *Comptes rendus*, **129**, 1899, p. 973.
(²) *Comptes rendus*, **130**, 1900, p. 845.

confiance généralisée de Hugo de Vries dans la valeur de ces lois et cette confiance reposait en grande partie sur les découvertes cytologiques de Ed. Strasburger et L. Guignard : généralité de la réduction chromatique dans la préparation des éléments sexués; régularisation automatique du nombre complet des chromosomes au cours de la fécondation; explication et justification des phénomènes de la Xénie qui résultent de la double fécondation constatée par Léon Guignard chez les représentants les plus divers des plantes à fleurs.

Signalons enfin qu'à l'appui de ses découvertes, Hugo de Vries a exhumé (20 mars 1900) le Mémoire jusque-là ignoré de Grégor Mendel, parce que publié dans une revue locale [3] des naturalistes de Brünn, peu répandue. A Grégor Mendel revient incontestablement, ainsi qu'à Charles Naudin, le mérite d'avoir expliqué la ségrégation des caractères hérités par l'épuration des éléments sexués, au cours de leur formation dans les fleurs des hybrides.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Modifications de la formule de quadrature de Tchebycheff.* Note [1] de M. **Serge Bernstein.**

J'ai abordé [2] un problème équivalent, en substance, au suivant : en supposant la formule de quadrature

$$(1)\quad \int_{-1}^{+1} f(x)\,dx = \frac{1}{n}\left[2\mathrm{A}f(0) + \sum_{i=1}^{l-1} \mathrm{B}_i[f(x_i)+f(-x_i)]\right] \qquad (-1 \leqq x_i < 0),$$

exacte pour tous les polynomes de degré $2l-1$, où les nombres A, B_i sont entiers et non négatifs, déterminer le minimum $\overline{m}(l)$ de $n = \mathrm{A} + \sum_{i=1}^{l-1} \mathrm{B}_i$.

Il est aisé de vérifier que $\overline{m}(l) = 2[(l+1)/2] - 1$ pour $l \leqq 5$, et j'ai montré

(3) *Verhandl. Naturf. Ver. Brünn*, 4 (*Abhandl.*), 1866, p. 3-47.

(1) Séance du 10 mai 1937.

(2) *Comptes rendus*, 203, 1936, p. 1305. La démonstration complète des résultats qui étaient résumés dans cette Note est donnée dans le Mémoire *Sur les formules de quadrature de Cotes, et Tchebycheff, Comptes rendus* (Doklady) *de l'Acad. des Sc. de l'U. R. S. S.*, 14, n° 6, 1937, p. 323.

que l'on a

$$(2) \qquad \overline{m}(l) > l, \qquad \overline{m}(l) > \frac{l\left(l+\frac{1}{2}\right)}{7,7}$$

pour $l > 5$.

En désignant par $m(l) \geqq \overline{m}(l)$ le plus petit nombre entier jouissant de la propriété que des formules du type (1) existent pour toute valeur de $n \geqq m(l)$, je vais montrer à présent que

$$(3) \qquad \overline{m}(l) \leqq m(l) < 4(l+1)(l+2).$$

A cet effet, envisageons une formule quelconque

$$(4) \qquad \int_{-1}^{+1} f(x)\, dx = \sum_{i=1}^{N} p_i f(x_i) \qquad (-1 \leqq x_i \leqq 1).$$

à coefficients non négatifs $p_i \geqq 0$, applicable à tous les polynomes de degré $2l-1$. En conservant les notations de ma dernière Note [3], il est aisé de démontrer d'abord

THÉORÈME I. — *Soient*

$$(5) \qquad \left\{ \begin{aligned} \int_{-1}^{+1} f(x)\, dx &= \sum_{k=1}^{l} \rho(\xi_k) f(\xi_k) + \frac{2a}{a\,l(l+1)+1} f(1), \\ \int_{-1}^{+1} f(x)\, dx &= \frac{2a}{a\,l(l+1)+1} f(-1) + \sum_{k=1}^{l} \rho(\eta_k) f(\eta_k) \end{aligned} \right.$$

les formules de quadrature applicables à tous les polynomes de degré $2l-1$, *où* ξ_k *et* η_k *sont, respectivement, les racines de*

$$F(x, a) = 0 \qquad et \qquad F(-x, a) = 0 \qquad (a \geqq 0,\ \beta_{k-1} \leqq \xi_k \leqq \gamma_k \leqq \eta_k \leqq \beta_k).$$

On a, pour toutes les formules (4),

$$(6) \qquad \sum_{i=1}^{x_i \leqq x} p_i \leqq \pi(x) \qquad (-1 \leqq x \leqq 1),$$

---

[3] *Sur les formules de quadrature à coefficients non négatifs et abscisses équidistantes* (*Comptes rendus*, 204, 1937, p. 1294).

où

$$(7) \qquad \pi(x)=\sum_{k=1}^{k_0}\rho(\xi_k) \qquad ou \qquad \pi(x)=\frac{2a}{a\,l(l+1)+1}+\sum_{k=1}^{k_0}\rho(\eta_k),$$

suivant que $x=\xi_{k_0}$ *ou* $x=\eta_{k_0}$.

La fonction monotone $\pi(x)$, composée de $2l$ arcs analytiques, croît de $2/l(l+1)$ à 2, lorsque x varie de -1 à γ_l, et satisfait aux inégalités

$$(8) \qquad \frac{2-\pi(b)}{1-b}<\frac{2-\pi(a)}{1-a}<\frac{\pi(b)-\pi(a)}{b-a}<\frac{\pi(b)}{1+b}$$

si $-1<a<b<\gamma_l$, dont la signification géométrique est évidente. En particulier, il résulte de (8), pour $a\leqq 0$,

$$(9) \qquad \pi(b)-\pi(a)>(b-a)\left[1-\frac{1}{2}\rho(0)\right].$$

D'autre part, on peut déduire du théorème I :

Théorème II. — *Soient* $p_1, p_2, \ldots, p_l$ *des nombres positifs tels que*

$$\sum_{i=1}^{l-1}p_i+\frac{1}{2}p_l=1,$$

si

$$\sum_{i=1}^{h}p_i=\pi(x_h) \qquad (h<l),$$

où

$$-1\leqq x_1<\gamma_1<\ldots<x_{2i}<\beta_i<x_{2i+1}<\gamma_{i+1}<\ldots<0$$

et, de plus, $x_{i-1}^0<x_{i+1}$ $(1<i<l-1)$, *il existe une formule de quadrature*

$$(1\ bis) \qquad \int_{-1}^{+1}f(x)\,dx=\sum_{i=1}^{l-1}p_i[(y_i)+f(-y_i)]+p_l f(0),$$

où

$$x_1<y_1<\ldots<x_i<y_i<x_{i+1}<\ldots<x_{l-1}<y_{l-1}<0,$$

applicable à tous les polynomes de degré $2l-1$.

Ainsi, les conditions imposées aux abscisses auxiliaires x_i étant identiques à celles du théorème III de ma dernière Note, on pourra, par un procédé analogue à celui de la Note citée, construire des formules de quadrature à coefficients p_i positifs et rationnels ayant un même dénominateur n. Il suffira pour cela que la détermination successive des nombres x_{i+1} par la

condition que

$$\pi(x_{i+1}) = \pi(x_{i-1}^0) + \frac{\theta_i}{n} \qquad (0 \leq \theta_i < 1)$$

ne les fasse pas sortir des intervalles imposés par le théorème II énoncé plus haut. Or, d'après (9), on aura

$$x_{i+1} - x_{i-1}^0 < \frac{\theta_i}{n\left[1 - \frac{1}{2}\rho(0)\right]},$$

d'où, pour $l \geq 5$ [on a alors $\rho(0) < 4/l + 2$],

$$x_{l+1} - x_{l-1}^0 < \frac{l+2}{ln}.$$

Par conséquent, puisqu'on a remarqué à l'endroit cité que les déplacements

$$x_{i+1} - x_{i-1}^0 \leq \frac{1}{4l(l+1)}$$

sont permis, nous voyons qu'il suffit que $n \geq 4(l+1)(l+2)$. L'inégalité (3) est ainsi établie, car pour $l < 5$ on vérifie facilement que $m(l) = \overline{m}(l)$. La détermination effective de $\overline{m}(l)$ et $m(l)$ pour chaque valeur donnée l exige, grâce aux inégalités (2) et (3), un nombre fini d'essais; mais les calculs sont essentiellement plus compliqués que pour la détermination du nombre $N(l)$ de ma Note précédente.

BIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Nouvelles recherches sur les variations du Pissenlit apogame.* Note de M. **Lucien Daniel**.

J'ai déjà signalé, en 1935 et 1936 [1], des changements provoqués chez des Pissenlits apogames par leur culture en exemplaires serrés, disposés en direction renversée, ainsi que chez leurs descendants par graines dont les racines furent sectionnées à des hauteurs différentes au-dessous du collet. En 1937, j'ai poursuivi ces expériences. Les pieds serrés ont été laissés en place depuis 1934, sans addition d'engrais au sol et sans mutilations d'aucune sorte. Chaque année ils ont fourni des feuilles presque entières et non les feuilles roncinées caractéristiques de la race primitive. Pour la

[1] *Comptes rendus*, 200, 1935, p. 1506; 202, 1936, p. 1632.

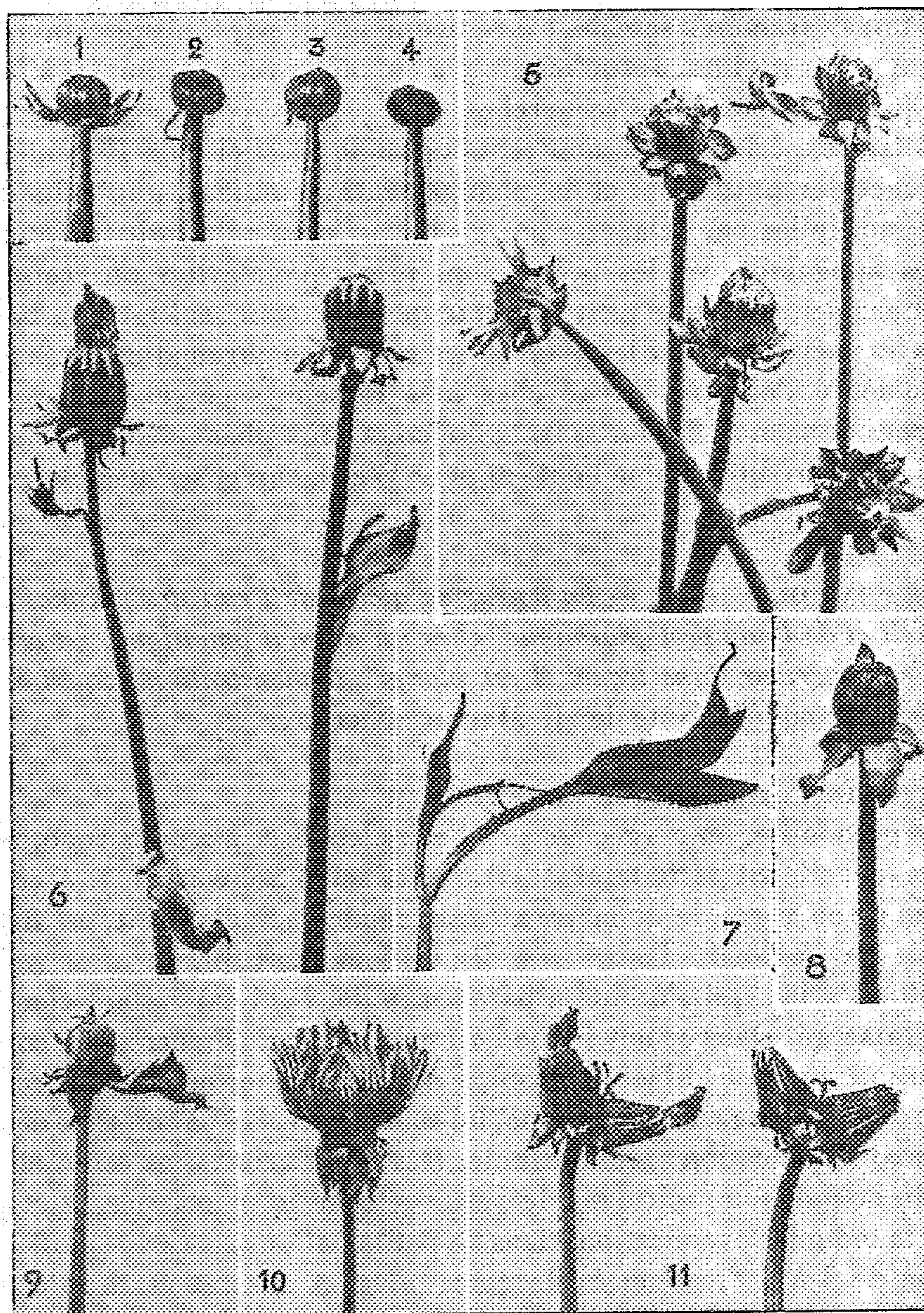
première fois, cette année, sont apparues des bractées sur deux hampes florales, à des distances de 10 et 15cm des capitules. Ceux-ci se sont montrés moins nombreux et leurs hampes ont été plus courtes, par suite des difficultés du ravitaillement dues à l'état serré des individus et à l'épuisement progressif du sol.

Chez des descendants des akènes récoltés sur ces pieds et semés en 1935, qui avaient subi des décapitations de racines en 1935, 1936 et 1937, on pouvait voir des variations plus nombreuses et plus accentuées encore dont on peut juger par le cliché ci-joint. Des hampes portaient, chez quelques exemplaires, une ou deux bractées à limbe élargi et à bords laciniés (*fig* 6). Des capitules possédaient, les uns des bractées normales de deux sortes, les internes dressées et les externes étalées ou recourbées sur deux rangs cycliques (*fig.* 10); les autres, des bractées modifiées plus ou moins en forme de cuiller et plus ou moins étalées sur deux rangs (*fig.* 5). Dans d'autres cas, il existait un seul rang de ces bractées avec 5 ou 4 bractées (*fig.* 8), ou bien ces bractées se trouvaient placées en deux groupes opposés formés de 2 à 5 ou de 3 et 3 (*fig.* 1). Plus rarement, les bractées externes étaient au nombre de une (*fig.* 2 et 3) ou manquaient complètement (*fig.* 4). Parfois, la disposition cyclique faisait place à la disposition acyclique spiralée plus ou moins lâche (*fig.* 5). Même on rencontrait, très exceptionnellement, quelques involucres pourvus d'une grande bractée, recroquevillée en tire-bouchon, rappelant en petit celles qui existent assez souvent chez le Soleil annuel (*fig.* 5 et 9).

Les transformations des capitules eux-mêmes se sont montrées plus importantes en 1937. Certains étaient soudés par 2 (*fig.* 11) ou par 3, fleurissant ou non au même moment; d'autres avaient des hampes fasciées à leur base et libres au sommet avec des capitules distincts. Sur un exemplaire, j'ai trouvé, pour la première fois, une hampe florale qui, à la place du capitule, portait trois petites bractées (*fig.* 7). Dans la très grande majorité des exemplaires, les hampes atteignaient des hauteurs variant de 80 à 85cm.

Les pieds issus du semis des graines ont conservé à des degrés divers les changements de forme et les dimensions considérables des feuilles obtenues dès la première génération en 1935, comme l'ont fait aussi les pieds multipliés par éclats; même ils ont produit exceptionnellement des anomalies nouvelles. Parmi ces dernières, trois sont intéressantes. La première consiste dans la production d'une feuille bifurquée à son sommet; la seconde, dans une ramification latérale d'une feuille coexistant avec la

production d'un limbe disposé perpendiculairement sur la nervure médiane du premier; la troisième consiste dans l'apparition de poils courts et raides,



situés sur le limbe et plus abondants sur les nervures de la face supérieure. Cette acquisition peut être envisagée comme le résultat de la lutte pour la

vie par rapport aux Mollusques dont l'attaque a été très vive sur les jeunes plantes. On sait que ceux-ci respectent les plantes velues, surtout quand les poils sont durs et piquants.

Certains caractères semblent être acquis, tant par multiplication végétative que par graines. Jusqu'ici il n'y a eu aucun retour complet à la race sur laquelle ont porté mes recherches.

Ces faits expérimentaux montrent la grande plasticité du Pissenlit sous l'influence des mutilations et des changements de milieux, que les individus soient multipliés par éclats ou par graines. Comme il s'agit sûrement de plantes apogames, vu les précautions prises pour éviter un croisement sexuel accidentel, on ne peut soutenir que le noyau seul est à la base de toutes les variations chez les plantes. La réduction chromatique et la fusion des gamètes n'ont pas existé chez mes Pissenlits et cela ne les a pas empêchés de se modifier fortement; donc ces deux phénomènes ne sont pas tout dans l'hérédité comme l'ont supposé Weismann et ses disciples.

CHIMIE PHYSIOLOGIQUE. — *La teneur en alcool de l'eau des plasmas interstitiels et de l'eau protoplasmique, chez un animal aquatique, est celle du milieu extérieur dans lequel il est plongé. Démonstration expérimentale pour la Grenouille.* Note de M. MAURICE NICLOUX.

J'ai réalisé l'expérience suivante :

Une grenouille, immergée dans de l'eau alcoolisée à 2 pour 1000, milieu dans lequel elle vit parfaitement, est opérée selon Schwartz (1). A cet effet une canule en verre de diamètre *ad hoc*, coudée à angle droit, est fixée au cloaque de l'animal. Toutes les dispositions sont prises pour pouvoir recueillir l'urine qui s'écoulera par la canule, l'animal restant complètement immergé. Dans ce but le fond du cristallisoir, en verre, qui contient la solution aqueuse diluée d'alcool, est percé d'une ouverture circulaire munie d'un bouchon de caoutchouc, lui-même traversé par un tube de verre mis en communication avec la canule. Dès lors l'urine peut être recueillie hors du cristallisoir, soit dans de petites éprouvettes graduées, soit, pour éviter la moindre évaporation, dans de petits ballons en verre soufflé, d'un volume de 3 à 4^{cm^3}, entourés de glace pilée. A des intervalles de temps

(1) *C. R. Soc. Biol.*, 98, 1928, p. 1552.

donnés, on détermine (²), en vue de l'établissement de leur rapport, les quantités d'alcool $Q_{ur.}$ et $Q_{ext.}$ contenues respectivement dans l'urine et dans le liquide extérieur.

Cinq expériences ont été faites suivant cette technique.

Dans la première (Exp. I) j'ai suivi l'invasion de l'organisme par l'alcool en fonction du temps et construit la courbe qui la représente. Celle-ci s'élève d'abord rapidement, puis plus lentement, et tend vers un palier. Cette expérience n'ayant pas duré le temps nécessaire, ce palier ne fut pas atteint (voir le tableau ci-dessous).

Dans les deux qui ont suivi (Exp. II et III) l'urine n'a pas été recueillie par fraction dès le début de l'immersion mais, par contre, l'expérience a été poursuivie pendant tout le temps nécessaire pour obtenir sûrement l'état d'équilibre.

Dans les deux dernières enfin (Exp. IV et V) les animaux qui en furent l'objet ont été laissés dans leur état normal le plus longtemps possible, en ce sens qu'ils n'ont été munis de leur canule que respectivement 24 et 41 heures après l'immersion.

Le tableau suivant résume ces cinq expériences dont les détails paraîtront dans un autre Recueil. Je n'y fais pas figurer toutes les valeurs prises par le rapport $Q_{ur.}/Q_{ext.}$ au cours des expériences, mais seulement celles correspondant pour chacune d'elles au dernier échantillon d'urine émise.

N^os des Exp.	Teneur en alcool (pour 1000 en poids). Urine $Q_{ur.}$	Liq. ext. $Q_{ext.}$	Rapport. $\frac{Q_{ur.}}{Q_{ext.}}$
I	1,855	1,900	0,976
II	1,896	1,905	**0,995**
III	1,876	1,872	**1,002**
IV	2,035	2,050	**0,992**
V	2,005	2,015	**0,995**

Observations. — I. Équilibre non atteint après 19 heures. — II. Urine émise entre la 14ᵉ et la 40ᵉ heure. — III. Urine émise entre la 20ᵉ et la 44ᵉ heure. — IV. Urine émise entre la 48ᵉ et la 72ᵉ heure. — V. Urine émise entre la 46ᵉ et la 48ᵉ heure (animal de forte taille de provenance hongroise).

L'examen des nombres consignés dans le tableau ci-dessus montre sans discussion possible que chez un animal aquatique immergé dans de l'eau faiblement alcoolisée, *la teneur en alcool de l'urine est exactement celle du*

(²) La méthode de dosage mise en œuvre est celle que j'ai fait connaître en 1931 (*Comptes rendus*, **192**, 1931, p. 985; *Bull. Soc. Chim. biol.*, **13**, 1931, p. 857); elle permet de doser 2 à 5^{mg} d'alcool à quelques unités pour 1000 près.

milieu extérieur dans lequel l'animal est plongé. Le rapport $Q_{ur.}/Q_{ext.}$ est égal à l'unité aux erreurs d'expérience près.

Cette nouvelle donnée, fournie par une expérimentation simple, poursuivie sur l'animal vivant, intact, laissé dans des conditions rigoureusement physiologiques, entraîne de multiples conséquences qu'il nous faut maintenant examiner de plus près.

Lorsqu'un animal aquatique est immergé dans une solution aqueuse diluée d'alcool éthylique de volume pratiquement indéfini, l'alcool pénètre rapidement par les branchies ou par la peau, organes d'absorption, dans tout son organisme; les tissus s'en chargent progressivement et cela jusqu'à ce qu'un état d'équilibre soit atteint. A ce moment précis, la répartition de l'alcool doit être partout la même, du fait que les plasmas ne cèdent pas plus qu'ils ne fixent cette substance. Ceci dit, si l'on admet d'une part : *a*) que les phénomènes de diffusion sont les seuls à considérer en ce qui concerne la répartition de l'alcool dans les tissus; *b*) que le rein ne *concentre pas* l'alcool comme il le fait pour l'urée, par exemple; *c*) que l'eau dans les tissus et liquides de l'organisme est le seul véhicule de l'alcool, ainsi que je me suis efforcé de le montrer [3], ce qui a immédiatement comme corollaire l'égalité réciproque des teneurs en alcool de l'eau du sang, de l'eau des plasmas interstitiels, de l'eau protoplasmique elle-même, et, si l'on tient compte d'autre part de la nouvelle donnée expérimentale que j'apporte aujourd'hui, il sera possible d'écrire successivement :

Teneur en alcool de l'urine = Teneur en alcool du milieu extérieur.
Teneur en alcool de l'eau du sang = Teneur en alcool de l'urine [4].
Teneur en alcool des plasmas interstitiels et de l'eau protoplasmique
= Teneur en alcool de l'eau du sang.

et tout naturellement :

Teneur en alcool du milieu extérieur $\rightleftharpoons$ Teneur en alcool de l'urine
$\rightleftharpoons$ Teneur en alcool de l'eau du sang
$\rightleftharpoons$ Teneur en alcool de l'eau des plasmas interstitiels et de l'eau protoplasmique.

En résumé, lorsqu'un animal aquatique est plongé dans de l'eau

(3) M. Nicloux, *Bull. Soc. Chim. biol.*, 16, 1934, p. 330.

(4) Il faudrait dire, pour être absolument correct, *l'eau de l'urine*. En fait cette distinction est ici inutile, l'urine recueillie renfermant une quantité de substance sèche extrêmement faible, de l'ordre de 1 pour 1000 seulement, ce qui correspond à une proportion de 999 pour 1000 d'eau.

alcoolisée, et que l'état d'équilibre dont il a été question plus haut est atteint, l'eau du sang, l'eau de tous les tissus, eau des plasmas interstitiels ou eau protoplasmique, l'eau de tout l'organisme en un mot possède une teneur en alcool *unique* qui est celle du milieu extérieur lui-même. Cette donnée, d'une simplicité extrême, déjà intéressante en soi, comporte cependant d'autres développements que je me réserve de discuter et d'utiliser ultérieurement.

M. L. **Blaringhem** fait hommage à l'Académie d'une brochure intitulée *Symbiose et Parasitisme. L'œuvre de* Noël Bernard, *présentée au Palais de la Découverte par* Louis Blaringhem, Joseph Magrou, Élias Melin, Fernand Moreau, Ernest Pinoy, Dr M. C. Rayner.

M. L. **Lapicque** fait hommage à l'Académie d'un Ouvrage de M. Pierre Mollaret, *Interprétation du fonctionnement du système nerveux par la notion de subordination. Subordination et posture*, dont il a écrit la *Préface*.

NOMINATIONS.

MM. **Auguste Béhal** et **Marcel Delépine** sont désignés pour représenter l'Académie à la célébration du Cinquantième anniversaire de la fondation de la *Société Chimique de Belgique*, à Bruxelles, les 6 et 7 juin 1937.

M. **Gabriel Bertrand** est désigné pour représenter l'Académie aux fêtes du 250e Anniversaire de la fondation de la *Kaiserlich Leopoldinisch-Carolinisch deutsche Akademie der Naturforscher*, à Halle, le 28 mai 1937.

ÉLECTIONS.

Par l'unanimité de 37 suffrages, M. **Maurice de Broglie** est élu Membre du *Conseil National des Recherches Scientifiques et Industrielles et des Inventions*, en remplacement de M. *P. Janet* décédé.

CORRESPONDANCE.

L'**Académie Pontificale des Sciences** annonce à l'Académie que sa *Séance d'inauguration* aura lieu le 31 mai 1937, dans la Cité Vaticane.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° F. M. da Costa Lôbo. *Théorie radiante*, Conférence faite à la Sorbonne, sur invitation de la Faculté des Sciences de Paris, le 28 mai 1936 (présenté par M. Louis de Broglie).

2° J. Franc de Ferrière. *Géologie et Pédologie. Contribution à l'étude des formations quaternaires de la plaine d'Alsace* (présenté par M. L. Cayeux).

GÉOMÉTRIE DIFFÉRENTIELLE. — *Sur la réalisation d'une variété à connexion affine par une surface plongée dans un espace affine.* Note de M. **W. Slebodzinski**, présentée par M. Élie Cartan.

Désignons par $\mathcal{G}$ le groupe des transformations linéaires unimodulaires de trois variables et par $\mathcal{E}_3$ l'espace de groupe fondamental $\mathcal{G}$. Soit $\mathcal{S}$ une surface de l'espace $\mathcal{E}_3$; on sait que, si la surface n'est pas une développable, il existe sur elle, définie d'une manière intrinsèque, une connexion affine admettant une unité d'aire (*connexion induite*) [1]. Ajoutons que les coefficients du transport parallèle de la connexion induite font intervenir les dérivées partielles du troisième ordre des coordonnées du point de la surface $\mathcal{S}$.

Cela étant, il se pose d'une façon naturelle le problème suivant : *Étant donné une variété* A_2, *à deux dimensions, à connexion affine admettant une unité d'aire, existe-t-il des surfaces de l'espace* $\mathcal{E}_3$ *dont la connexion induite soit identique à celle de la variété* A_2 ? Dans le cas de l'affirmation nous dirons que la variété A_2 peut être *plongée* dans l'espace $\mathcal{E}_3$.

En se servant de la méthode du repère mobile, on réduit le problème ci-dessus à l'étude d'un système de Pfaff et l'on obtient les résultats suivants :

---

(1) É. Cartan, *Comptes rendus*, **178**, 1924, p. 292-295.

Désignons par M la matrice

$$\left\| \begin{matrix} \nabla_1 R_{121}^{\cdot\cdot\cdot 1} & \nabla_1 R_{122}^{\cdot\cdot\cdot 1} + \nabla_2 R_{121}^{\cdot\cdot\cdot 1} & \nabla_2 R_{122}^{\cdot\cdot\cdot 1} \\ \nabla_1 R_{121}^{\cdot\cdot\cdot 2} & \nabla_1 R_{122}^{\cdot\cdot\cdot 2} + \nabla_2 R_{121}^{\cdot\cdot\cdot 2} & \nabla_2 R_{122}^{\cdot\cdot\cdot 2} \end{matrix} \right\|,$$

$R_{12i}^{\cdot\cdot\cdot j}$ étant les composantes du tenseur de courbure de la variété A_2 et ∇_h le symbole de la différentiation covariante dans celle-ci.

I. Supposons d'abord que le rang de la matrice M soit égal à zéro; cette hypothèse entraînant la nullité de toutes les dérivées $\nabla_h R_{12i}^{\cdot\cdot\cdot j}$, la variété A_2 est, dans ce cas, à connexion symétrique, et, par conséquent, admet un groupe d'isomorphies à trois ou, si le tenseur de courbure est nul, à cinq paramètres. Toute variété de cette classe peut être plongée dans l'espace $\mathcal{E}_3$ et la surface la plus générale qui la représente dépend de deux fonctions arbitraires d'une variable. Nous dirons que la surface qui réalise la connexion A_2 est *déformable*. Dans ce sens on peut dire, par exemple, que les sphères affines impropres ([2]) peuvent être déformées l'une sur l'autre, leur connexion induite étant sans courbure.

II. Si le rang de la matrice M est égal à 1, il est en général impossible de plonger la variété A_2 dans l'espace $\mathcal{E}_3$. Pour qu'il existe des surfaces réalisant la connexion A_2, il faut que le système de Pfaff susdit soit en involution, si l'on considère comme variables indépendantes les coordonnées gaussiennes du point de la variété A_2. Si cette condition est satisfaite, la variété A_2 peut être plongée dans l'espace $\mathcal{E}_3$ et la surface la plus générale qui la représente dépend d'une fonction arbitraire d'un argument. La classe de surfaces ainsi définies comprend, entre autres, les surfaces réglées à courbure affine variable qui peuvent être déformées sans que leurs génératrices cessent d'être rectilignes. [Les surfaces réglées à courbure affine constante, étudiées par M. Blaschke (*loc. cit.*, p. 221), appartiennent à la classe I, leur connexion induite étant symétrique.]

III. Si enfin la matrice M est de rang 2, il est également, en général, impossible de plonger la variété A_2 dans l'espace $\mathcal{E}_3$; pour que le problème ait une solution, il faut et il suffit que le tenseur symétrique de composantes $a_{ij} = a_{ji}$, définies par les trois relations

$$a_{11} a_{22} - a_{12}^2 = \varepsilon \qquad (\varepsilon = \pm 1),$$
$$a_{11} \nabla_2 R_{122}^{\cdot\cdot\cdot h} - a_{12}(\nabla_1 R_{122}^{\cdot\cdot\cdot h} + \nabla_2 R_{121}^{\cdot\cdot\cdot h}) + a_{22} \nabla_1 R_{121}^{\cdot\cdot\cdot h} = 0 \qquad (h = 1, 2),$$

jouisse des propriétés suivantes : $\nabla_h a_{ij} = \nabla_i a_{hj}$. Si ces conditions sont satis-

---

([2]) W. Blaschke, *Vorlesungen über Differentialgeometrie*, II, 1923, p. 216.

faites, il existe des surfaces réalisant la connexion A_2 et elles s'obtiennent toutes de l'une d'elles par les transformations du groupe g et par la transformation de la forme suivante : $\bar{x}=x$, $\bar{y}=y$, $\bar{z}=-z$. Nous dirons que, dans le cas actuel, les surfaces réalisant la connexion A_2 sont *rigides*.

CALCUL DES VARIATIONS. — *Sur les équations de A. Haar du calcul des variations.* Note de M. **Paul Gillis**, présentée par M. Jacques Hadamard.

Considérons l'intégrale n-uple

$$\text{(1)}\qquad \mathrm{I}[z^\alpha]=\int_{\mathrm{D}_n}\mathrm{F}(x^i;\, z^\alpha;\, z_i^\alpha;\, \ldots;\, z_{i_1\ldots i_q}^\alpha)\, d(x^i) \quad (^1)$$
$$(\alpha=1,\,2,\,\ldots,\,m;\; i=i_1=\ldots=i_q=1,\,2,\,\ldots,\,n),$$

où D_n représente une région à n dimensions, limitée par une frontière D_{n-1}, qui est une multiplicité à $n-1$ dimensions, et F une fonction définie et continue en tout point de D_n et pour tout système de valeurs des fonctions $z^\alpha(x^i)$, supposées de *classe* C^q (²). Lorsque nous nous proposons de déterminer, par la méthode classique de Lagrange, un système de fonctions $z^\alpha(x^i)$ (³), annulant la variation première de (1), nous sommes obligés de supposer *a priori*, les $z^\alpha(x^i)$ de *classe* C^{2q}. Nous ne pouvons obtenir de cette manière les extrémales de classe C^q du problème $\mathrm{I}[z^\alpha]=\min.$; d'autre part, il résulte d'un exemple donné par M. Hadamard (⁴) que de telles extrémales peuvent exister (⁵).

A. Haar (⁶), envisageant le problème

$$\text{(2)}\qquad \mathrm{I}[z]=\iint_{\mathrm{D}}\mathrm{F}(x,\, y,\, z,\, z_x,\, z_y)\, dx\, dy=\min\ ,$$

(¹) Nous écrivons $z_{i_1\ldots i_q}^\alpha$ pour $\partial^q z^\alpha/\partial x^{i_1}\ldots\partial x^{i_q}$, $d(x^i)$ pour $dx^1\, dx^2\ldots dx^n$.

(²) C'est-à-dire continues, ainsi que leurs dérivées jusqu'à l'ordre q.

(³) Nous supposons données sur D_{n-1} les valeurs des $z^\alpha(x^i)$ et de leurs dérivées jusqu'à l'ordre $q-1$.

(⁴) *Comptes rendus*, 144, 1907, p. 1092-1093.

(⁵) En vertu du lemme de Du Bois-Reymond, ce cas ne se présente pas pour les intégrales simples.

(⁶) *Journal de Crelle*, 149, 1919, p. 1.

a démontré que l'*équation aux extrémales de classe* C[1] *de* (2) *est*

$$(3) \qquad \int_c F_{z_x}\,dy - F_{z_y}\,dz = \iint_{(c)} F_z\,dx\,dy,$$

c désignant un contour quelconque, rectifiable et fermé, du domaine D, les fonctions F_{z_x}, F_{z_y}, F_z étant rapportées aux valeurs $x, y, z(x, y), z_x(x, y), z_y(x, y)$. L'équation (3) subsiste lorsque nous supposons seulement les dérivées premières de $z(x, y)$ bornées et mesurables [7].

Ce résultat s'étend aisément au cas où F dépend de n variables indépendantes, de m fonctions inconnues et de leurs dérivées premières. *Les extrémales de classe* C[1] *du problème*

$$I[z^\alpha] = \int_{D_n} F(x^i;\, z^\alpha;\, z_i^\alpha)\, d(x^i) = \min.$$

sont solutions du système d'équations

$$\int_{c_{n-1}} \sum_{(i)} F_{z_i^{\bar\alpha}}\, d(i) = \int_{c_n} F_{z^{\bar\alpha}}\, d(x^i) \quad (^8),$$

c_n désignant une région partielle quelconque de D_n, c_{n-1} sa frontière.

Supposons, à présent, que F dépende des dérivées secondes, troisièmes, ... des $z^\alpha(x^i)$. Pour simplifier l'écriture, nous nous bornons, ici, à la considération du problème

$$(4) \qquad I[z] = \iint_D F(x, y, z, z_x, z_y, z_{xx}, z_{xy}, z_{yx}, z_{yy})\, dx\, dy = \min. \quad (^9).$$

Nous pouvons démontrer les propositions suivantes :

Lemme I. — *Les fonctions* $A^1(x, y), \ldots, A^7(x, y)$, *étant continues dans* D, *si*

$$(5) \qquad \iint_D (A^1\zeta + A^2\zeta_x + A^3\zeta_y + A^4\zeta_{xx} + A^5\zeta_{xy} + A^6\zeta_{yx} + A^7\zeta_{yy})\, dx\, dy = 0,$$

pour toute fonction $\zeta(x, y)$ *de classe* C[2], *s'annulant, ainsi que ses dérivées*

---

(7) Cf. J. Schauder, *Acta Litterarum ac Scientiarum*, Szeged, 4, 1928, p. 38.

(8) Les notations $F_{z_i^{\bar\alpha}}$, $F_{z^{\bar\alpha}}$ — ces fonctions étant rapportées aux valeurs x^i, $z^\alpha(x^i)$, $z_i^\alpha(x^i)$ — indiquent que nous supposons, dans l'équation, α fixe. Nous écrirons $d(i)$ pour $dx^{i+1}\ldots dx^n\, dx^1\ldots dx^{i-1}$.

(9) Nous introduisons les dérivées z_{xy} et z_{yx} par raison de symétrie.

premières, sur la frontière de D, *il vient*

$$(6)\quad \int_c \Big[\Big\{ \int_a^x \int_b^y A^2(\xi,\eta)\,d\xi\,d\eta - \int_b^y A^4(x,\eta)\,d\eta - \int_a^x A^6(\xi,y)\,d\xi \Big\} dy - \Big\{ \int_a^x \int_b^y A^3(\xi,\eta)\,d\xi\,d\eta - \int_b^y A^5(x,\eta)\,d\eta - \int_a^x A^7(\xi,y)\,d\xi \Big\} dx \Big] = \iint_c \Big\{ \int_a^x \int_b^y A^1(\xi,\eta)\,d\xi\,d\eta \Big\} dx\,dy,$$

c étant un contour quelconque fermé de D, (a, b) *les coordonnées d'un point arbitraire de ce domaine.*

Lemme II. — Réciproquement, si (6) a lieu pour tout contour c de D, (5) en résulte. Nous en déduisons immédiatement que *l'équation aux extrémales de classe* C^2 *du problème* (4) *peut s'écrire*

$$(7)\quad \int_c \Big[\Big\{ \int_a^x \int_b^y F_{z_x}[\xi,\eta]\,d\xi\,d\eta - \int_b^x F_{z_{xx}}[x,\eta]\,d\eta - \int_a^x F_{z_{yx}}[\xi,y]\,d\xi \Big\} dy - \Big\{ \int_a^x \int_b^y F_{z_y}[\xi,\eta]\,d\xi\,d\eta - \int_b^y F_{z_{xy}}[x,\eta]\,d\eta - \int_a^x F_{z_{yy}}[\xi,y]\,d\xi \Big\} dx \Big] = \iint_c \Big\{ \int_a^x \int_b^y F_z[\xi,\eta]\,d\xi\,d\eta \Big\} dx\,dy,$$

où nous avons posé $F_{z_x}[\xi,\eta] = F_{z_x}[\xi,\eta,z(\xi,\eta),\ldots,z_{yy}(\xi,\eta)]$, ...

Remarque. — *La méthode de la variation des variables indépendantes* nous permet d'obtenir, en outre de (7), deux autres équations auxquelles doit satisfaire toute extrémale de classe C^2. Lorsque nous supposons $z(x,y)$ de *classe* C^4, elles se réduisent à (7).

Dans le cas général (1), nous obtenons, d'une manière analogue, $m(n+1)$ équations qui se réduisent à m d'entre elles lorsque les $z^\alpha(x^i)$ sont de classe C^{2q}.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur le phénomène de Gibbs dans les développements de séries de polynomes d'Hermite.* Note de M. **Charles Jacob**, présentée par M. Jacques Hadamard.

On sait depuis Fejér que le phénomène signalé par Gibbs pour les séries de Fourier disparaît quand on somme celles-ci par le procédé de la moyenne

arithmétique. M. E. Kogbetliantz a montré (¹) que ce procédé ne suffit pas quand on l'applique au développement en série de polynomes d'Hermite. Il a montré aussi que le phénomène ne disparaît pas non plus, si l'on emploie la sommation généralisée de Cesàro d'ordre $\delta > 0$; il en a indiqué même la formule

$$\omega_a = D_a \left\{ 1 + \frac{2^{1+\delta}\Gamma(1+\delta)}{\pi} \int_0^{\infty} \frac{\sin u \, du}{\left[u + \pi\left(1 + \frac{\delta}{2}\right)\right]^{\delta+1}} \right\}, \tag{1}$$

où D_a désigne le saut de la fonction.

On peut compléter l'important résultat de M. Kogbetliantz de deux façons : d'une part, par un changement dans la formule (1), d'autre part, en montrant qu'on peut arriver à faire disparaître le phénomène de Gibbs en n'appliquant le procédé de Cesàro qu'après avoir introduit un poids du $\nu^{\text{ième}}$ terme de la série égal à $1/\sqrt{\nu}$. Ce dernier résultat a été établi par nous (²) en appliquant le procédé de la moyenne arithmétique ($\delta = 1$), mais nous allons l'étendre maintenant au cas de la sommation de Cesàro d'ordre δ pour tout $\delta > 0$. On obtient ainsi finalement deux propositions dont les énoncés précis sont les suivants :

THÉORÈME I. — *Soient les fonctions $f(x)$ et $e^{x^2/2}|f(x)x^{-1}|$ intégrables respectivement pour $|x| \leqq a_1$ et $a_2 \leqq |x| \leqq \infty$, les nombres positifs a_1, a_2 étant aussi grands qu'on veut, mais fixes, et soit*

$$f(x) \sim \sum_{\nu=0}^{\infty} c_\nu H_\nu(x), \qquad c_\nu = \frac{1}{2^\nu \nu! \sqrt{\pi}} \int_{-\infty}^{\infty} e^{-u^2} f(u) H_\nu(u) \, du \tag{2}$$

le développement de la fonction $f(x)$ en série de polynomes d'Hermite. Si $f(x)$ admet un saut D_a au point $x = a$ et est continue dans l'entourage de ce point, alors en sommant la série par le procédé de Cesàro avec les poids $g_\nu = 1$, c'est-à-dire en formant la suite

$$f_n(x) = \sum_{\nu=0}^{n-1} \left(1 - \frac{\nu}{n}\right)^\delta c_\nu H_\nu(x), \tag{3}$$

on a pour tout $\delta > 0$ le phénomène de Gibbs représenté par la formule

$$\omega_a = D_a \frac{2^{\delta+\frac{1}{2}}\Gamma(\delta+1)}{\sqrt{\pi}} \int_0^{\xi_{\delta,1}} \frac{\mathcal{J}_{\delta+\frac{1}{2}}(t)}{t^{\delta+\frac{1}{2}}} \, dt > D_a, \tag{4}$$

(¹) *Annales de l'École Normale*, 3ᵉ série, 49, 1932, p. 137-221.

(²) M. JACOB, *Giornale dell'Instituto Italiano degli Attuari*, 6, 1935, p. 1-12

où $\xi_{\delta,1}$ est la première racine positive de la fonction de Bessel

(5) $$t^{-\delta-\frac{1}{2}}J_{\delta+\frac{1}{2}}(t) = \frac{1}{2^{\delta-\frac{1}{2}}\sqrt{\pi}\,\Gamma(\delta+1)}\int_0^1 (1-u^2)\cos tu\,du.$$

THÉORÈME II. — *Dans les hypothèses du théorème précédent, en sommant la série* (1) *par le procédé de Cesàro avec les poids $g_\nu = 1/\sqrt{\nu}$, c'est-à-dire en formant la suite*

(6) $$f_n(x) = \sum_{\nu=0}^{n-1}\left(1-\frac{\sqrt{\nu}}{\sqrt{n}}\right)^\delta c_\nu H_\nu(x),$$

l'oscillation de cette suite au point $x = a$ s'exprime par la formule

(7) $$\omega_a = D_a \frac{2\Gamma(\delta+1)}{\pi}\int_0^{\xi_{\delta,1}} \frac{C_{\delta+1}(t)}{t^{\delta+1}}\,dt,$$

où $\xi_{\delta,1}$ est la première racine positive de la fonction de W. H. Young

(8) $$t^{-\delta-1}C_{\delta+1}(t) = \frac{1}{\Gamma(\delta+1)}\int_0^1 (1-u)^\delta \cos tu\,du.$$

Comme on le voit, la formule (4) du théorème I est à substituer à la formule (1) de M. Kogbetliantz, cette rectification s'impose car M. Kogbetliantz a employé dans la détermination de ω_a une expression asymptotique de Fejér [3] pour les polynomes de Laguerre $L_n^{(\alpha)}(x)$ qui est valable seulement dans un intervalle dont l'extrême gauche est fixe et positive, tandis que celle de l'intervalle considéré est variable et tend vers zéro. En conséquence l'application de la formule approchée (71), ainsi obtenue par M. Kogbetliantz dans son Mémoire précité, est à modifier comme nous l'avons fait.

En ce qui concerne le théorème II, il donne pour le développement en série de polynomes d'Hermite la même expression pour le phénomène de Gibbs que pour les développements en série de Fourier. En effet, $C_{\delta+1}(t)$ étant positif pour tout $\delta \geqq 1$, on a $\xi_{\delta,1} = \infty$, de sorte que le phénomène de Gibbs ne se présente pas pour $\delta \geqq 1$; cependant pour $0 < \delta < 1$ il existe un $\bar{\delta}$ tel que $\omega_a = D_a$ pour $\delta \geqq \bar{\delta}$ et $\omega_a > D_a$ pour $\delta < \bar{\delta}$, de sorte que le phéno-

(3) L. FEJÉR, *Comptes rendus*, 147, 1908, p. 1040.

mène de Gibbs subsiste encore pour $\delta < \bar{\delta}$, sans se présenter jamais pour $\delta \geqq \bar{\delta}$ (⁴).

CALCUL FONCTIONNEL. — *Sur des opérations linéaires non complètement continues.* Note de M. **Robert Fortet**, présentée par M. Jacques Hadamard.

Nous considérons les opérations linéaires continues U dont le contre-domaine est contenu dans le domaine, lequel est un ensemble d'objets x formant un espace vectoriel distancié complet B.

I. Appelons *opération linéaire élémentaire* toute opération U qui peut se mettre sous la forme $U(x) = \sum_{j=1}^{r} x_j \lambda_j(x)$, où $x_1, \ldots, x_r$ sont r éléments de B, et $\lambda_1(x), \ldots, \lambda_r(x)$ r fonctionnelles linéaires de x [c'est-à-dire r opérations linéaires continues faisant correspondre aux objets x les nombres $\lambda_j(x)$]. Les opérations élémentaires sont évidemment très simples : en particulier, leur itération se ramène à celle des substitutions algébriques linéaires finies (¹).

II. Étant donné l'opération U, E désignant l'opération identique, nous posons $(E - \lambda U)^{-1} = E + \lambda U_\lambda$, pour toutes les valeurs de λ telles que $E - \lambda U$ admettent une réciproque $(U_0 = U)$; U_λ est la *résolvante* de U : c'est une fonction analytique (²) de λ, dans son domaine d'existence; les valeurs de λ pour lesquelles U_λ n'est pas défininie sont ses valeurs singulières; si $\lambda = c$ est un *pôle* pour U_λ, l'équation homogène

$$x - c.U(x) = 0$$

admet au moins une solution non nulle; si de plus elle n'admet qu'un

(⁴) H. Cramér, *Arkiv for Mat., Astr. och Fysik,* 13, 1919, n° 20, ; R. G. Cooke, *Proc. Lond. Math. Soc.*, 30, 1929, p. 144-164.

(¹) Ce dernier problème est résolu par M. Fréchet, dans son Mémoire sur le *Comportement asymptotique des solutions d'un système d'équations aux différences finies* (*Public. de la Faculté des Sc. de l'Université Masaryk,* 1933, fasc. 178, p. 14).

(²) Cf. F. Riesz, *Les systèmes d'équations linéaires à une infinité d'inconnues,* p. 114 et sq. M. Riesz n'envisage que le cas des substitutions linéaires algébriques, mais ses procédés s'étendent sans dificulté.

nombre fini de solutions non nulles et linéairement distinctes, le pôle est dit *de rang fini.*

Appelons *rayon polaire* $\mathfrak{T}$ de U_λ — ou de U — le plus grand nombre positif R tel que, dans tout domaine complètement intérieur au cercle $|\lambda|\leqq R$, U_λ n'admette, comme points singuliers, qu'un nombre fini de pôles de rang fini : tant que $|\lambda| < \mathfrak{T}$, on peut appliquer à l'équation $x = \lambda U(x) + y$, les théorèmes classiques de Fredholm pour les équations intégrales.

On a évidemment $\mathfrak{T} \geqq 1/\|U\|$; les opérations complètement continues [3] ont un rayon polaire infini (ce ne sont pas les seules d'ailleurs). On a d'autre part le théorème suivant :

THÉORÈME I. — *Toute opération linéaire continue* U, *de rayon polaire fini* $\mathfrak{T}$, *est quel que soit* $\varepsilon > 0$ (*inférieur à* $\mathfrak{T}$) *la somme de deux opérations orthogonales* U_1 *et* U_2, *dont l'une*, U_1, *est une opération élémentaire*, *et dont l'autre* U_2, *est telle que* $\|U_2^n\| \leqq M/(\mathfrak{T} - \varepsilon)^n$, U_2^n *désignant la* $n^{ième}$ *itérée de* U_2, *et* M *un nombre positif déterminé*, *indépendant de n.*

Il en résulte que, si $\mathfrak{T} > 1$, l'itération de U est déterminée par celle de U_1, qui est connue. [Si $\mathfrak{T} = \infty$, on peut dans le théorème précédent faire jouer le rôle de $\mathfrak{T}$ à n'importe quel nombre positif R.]

III. Pour l'évaluation du rayon polaire $\mathfrak{T}$ d'une opération U, on a les deux théorèmes suivants :

THÉORÈME II. — *Le rayon polaire de la* $n^{ième}$ *itérée* U^n *d'une opération* U *est égal à la* $n^{ième}$ *puissance du rayon polaire de* U.

THÉORÈME. III. — *Si l'opération linéaire continue* U, *de rayon polaire* $\mathfrak{T}$, *est la somme de deux opérations* U_1 *et* U_2, *de rayons polaires* $\mathfrak{T}_1$ *et* $\mathfrak{T}_2$, $\mathfrak{T}$ *satisfait à l'inégalité* $1/\mathfrak{T} \leqq 1/\mathfrak{T}_1 + 1/\mathfrak{T}_2$.

Si, par exemple, U_1 est complètement continue, on trouve $\mathfrak{T} \geqq \mathfrak{T}_2$; si alors $\|U_2\| < 1$ et si $\|U\| \leqq 1$, on en déduit que l'itérée $n^{ième}$ U^n de $U(U^1 = U)$ converge, au sens de Césaro, vers une opération limite V, et que

$$\left\| \frac{U^1 + U^2 + \ldots + U^n}{n} - V \right\| \leqq \frac{M}{n},$$

où M est un certain nombre : on obtient ainsi un théorème énoncé dans une Note récente [4] par MM. Kryloff et Bogolioubof.

Envisageons le cas particulier d'une substitution linéaire algébrique

---

(3) Une opération U est complètement continue si elle transforme la sphère $\|x\| \leqq 1$ en un ensemble compact.

(4) *Comptes rendus*, **204**, 1937, p. 1386.

$A(=A^1)$, dans un espace $L^{(p)}$ ([5]) à un nombre infini de dimensions $(1 \leqq p \leqq \infty)$, définie par ses coefficients a_{ik}; soient a_{ik}^n ceux de sa $n^{\text{ième}}$ itérée A^n; soit $A_{(p)}^n$ la substitution obtenue en supprimant dans A^n les p premières lignes et les p premières colonnes, en s'appuyant sur les théorèmes II et III, on trouve que :

THÉORÈME IV. — *Le rayon polaire* $\mathfrak{R}$ *de la substitution* A *est égal à la borne supérieure, lorsque n et p varient, de* $1/\sqrt[n]{\|A_{(p)}^n\|}$.

MÉCANIQUE. — *Sur un compresseur à deux membranes destiné aux gaz formant avec les lubrifiants des combinaisons dangereuses.* Note de M. HENRI CORBLIN, présentée par M. Aimé Cotton.

Le compresseur à membrane, présenté à l'Académie par Maurice Leblanc ([1]) en 1921 a été depuis l'objet de perfectionnements importants.

Rappelons que dans ce compresseur une membrane métallique mince, pincée entre deux plateaux circulaires, oscille dans un évidement de forme générale biconique ménagé dans l'épaisseur de ces plateaux. Ce sont les oscillations de la membrane qui, par le moyen de clapets placés dans l'un des plateaux, produisent l'aspiration et le refoulement du gaz.

Un piston qui se meut dans un cylindre rempli d'huile ou de glycérine commande le mouvement de la membrane, l'huile passant du cylindre dans la cavité biconique par les trous du plateau correspondant.

Une petite pompe compensatrice remplace l'huile qui s'échappe entre le piston et le cylindre et assure l'application de la membrane sur le plateau portant les clapets en supprimant l'espace nuisible.

L'un des avantages principaux de ce compresseur est de permettre la compression des gaz à l'état de pureté, à l'abri des lubrifiants, ce qui le fait employer couramment dans les usines comprimant les gaz rares et dans les industries frigorifique et chimique.

Cependant, lorsqu'il y a un danger grave à risquer un contact accidentel entre le gaz à comprimer et le lubrifiant, on ne peut pas se contenter

---

([5]) L'espace $L^{(p)}$ est l'espace des points x dont les coordonnées x_i $(i = 1, 2, \ldots, \infty)$ satisfont à la condition $\sum_i |x_i|^p < \infty$, pour $1 \leqq p < \infty$, $|x_i|$ borné pour $p = \infty$.

([1]) *Comptes rendus*, 172, 1921, p. 46.

de la membrane pour les séparer. En effet, cette membrane peut être percée soit par une particule métallique provenant des tuyauteries, soit par suite de la fatigue du métal au bout de plusieurs milliers d'heures de marche, ce qui provoque une petite fissure en un point.

On est donc conduit à employer comme fluide intermédiaire, pour actionner la membrane, en remplacement du lubrifiant, un liquide neutre, généralement de l'eau, mais il n'est pas pratique d'avoir un piston agissant directement, sans graissage, sur de l'eau, surtout si ce piston est animé d'une grande vitesse.

C'est pourquoi, dans le compresseur à deux membranes (*fig.* 1), le

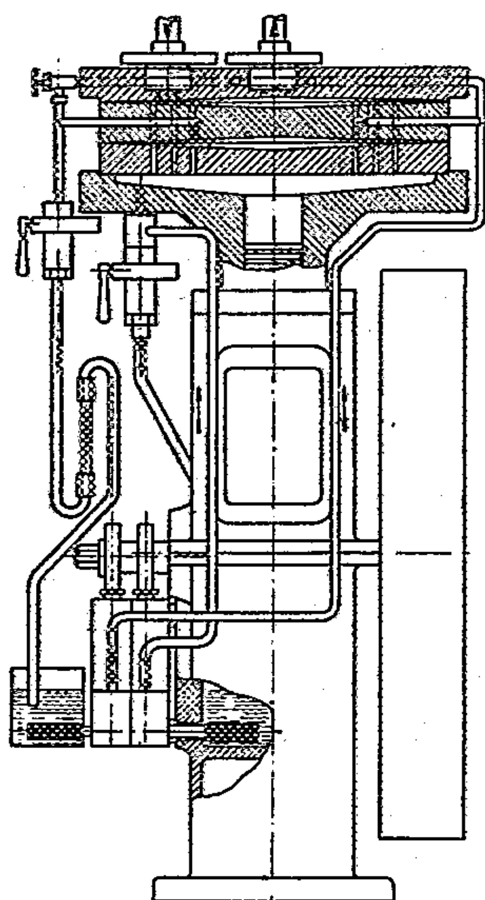


Fig. 1.

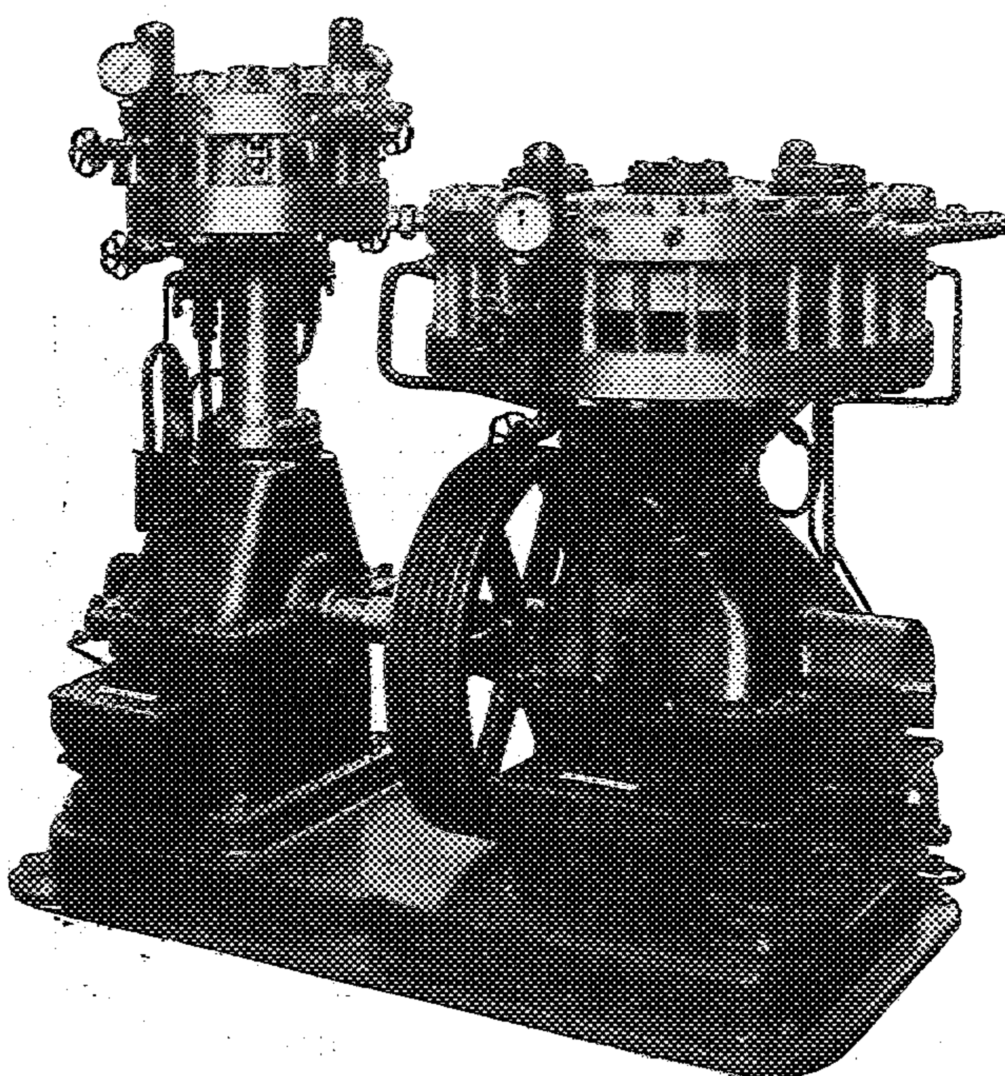


Fig. 2.

Fig. — 1. — Coupe schématique d'un compresseur à deux membranes.
Fig. 2. — Groupe de compresseurs à deux membranes pour oxygène pur et sec de 0 à 160^{kg}.

liquide lubrifiant déplacé par le piston est conservé, mais il n'agit plus directement sur la membrane qui s'applique contre le plateau porte-clapets. Il exerce son action sur une membrane auxiliaire dont le mouvement est transmis à la première membrane par l'intermédiaire d'un liquide neutre par rapport au gaz à comprimer et maintenu sous volume constant entre les deux membranes par une petite pompe compensatrice avec limi-

teurs de pression semblables à ceux employés dans les compresseurs à membrane unique.

Ce dispositif permet de comprimer sans risque d'accident les gaz tels que l'oxygène, le protoxyde d'azote etc., qui forment avec le lubrifiant une combinaison dangereuse.

Comme précaution complémentaire, on peut colorer le liquide lubrifiant. Si la membrane auxiliaire vient à se percer, quelques gouttes de ce liquide coloré s'introduisent dans le liquide neutre, on s'aperçoit immédiatement de la coloration de ce dernier parce qu'il passe, à la sortie de son limiteur de pression, dans un tube en verre intercalé sur son tuyau de retour au petit réservoir de liquide neutre. De même si la membrane comprimant le gaz vient à se percer, on voit immédiatement des bulles de gaz dans ce même tube de verre.

Pour comprimer le gaz en le refroidissant du mieux possible, on peut faire circuler dans le plateau monté entre les deux membranes, ainsi que dans le plateau portant les clapets, un liquide neutre refroidi artificiellement, par exemple de l'eau glacée. Le gaz se trouve ainsi compris sous forme d'une lame mince, animée d'une grande vitesse, entre deux parois froides, conditions très favorables à son bon refroidissement.

Les essais effectués avec ce compresseur à deux membranes montrent que le résultat obtenu est aussi bon qu'on peut le désirer et que le rendement avec les deux membranes est le même que celui du compresseur à une seule membrane. La force motrice supplémentaire consommée est pratiquement insignifiante.

On peut en deux phases, c'est-à-dire avec deux compresseurs à deux membranes (*fig.* 2), comprimer un gaz à 200^{kg} par centimètre carré.

HYDRAULIQUE. — *Déversoir incliné par rapport à l'axe d'un canal.* Note de MM. **Léopold Escande** et **Georges Sabathé**, transmise par M. Charles Camichel.

Dans cette Note, nous résumons certains résultats que nous avons obtenus en étudiant un déversoir vertical en mince paroi, à seuil horizontal, à lame aérée en dessous, sans contractions latérales, et placé dans un canal à section droite rectangulaire, le seuil du déversoir faisant un angle de 45° avec l'axe du canal.

Nous avons utilisé, dans le grand canal C_1 du laboratoire de Banlève,

de 4^m de largeur, plusieurs déversoirs correspondant à des hauteurs différentes p, du seuil au-dessus du fond du canal. Nous avons utilisé également un autre canal C_2, de 2^m de largeur. Dans les deux installations, les débits Q étaient mesurés à l'aide d'un déversoir type de Bazin, de 1^m de hauteur au-dessus du fond, et évalués par la formule de Rehbock 1929

$$Q = \frac{2}{3}\left(0,6035 + 0,0813\,\frac{h + 0011}{p}\right) \times l \times \sqrt{2g} \times \sqrt{h + 0,0011},$$

l étant la longueur du seuil et h la charge au-dessus du seuil.

1° *Influence de la largeur du seuil.* — Le phénomène n'étant pas plan, comme dans le cas du déversoir type, nous avons voulu nous rendre compte de l'influence de la longueur du seuil sur le débit linéaire, en comparant les résultats obtenus, pour une même valeur de p, dans les canaux C_1 et C_2. Nous avons fait cette comparaison pour $p = 0^m,75$ et pour $p = 1^m$: dans les deux cas, nous avons constaté une légère augmentation du débit linéaire, dans le canal le moins large C_2, vis-à-vis du canal C_1, sans que la divergence dépasse au maximum 1,5 pour 100.

2° *Loi de similitude.* — Nous avons comparé, en appliquant la loi de Reech, les débits obtenus sous des charges homologues avec des déversoirs tels que p ait respectivement pour valeurs 1^m et $1^m,50$ dans le canal C_1, $0^m,50$ et $0^m,75$ dans le canal C_2. Nous avons trouvé une très légère divergence vis-à-vis de la loi de similitude, les débits indiqués par les modèles les plus petits étant relativement un peu supérieurs à ceux du grand modèle, réduits suivant les règles de similitude. Les divergences demeurent toujours inférieures à 1,5 pour 100, au maximum.

3° *Forme de la surface libre.* — Dans le canal C_1, pour $p = 1^m$, puis, pour $p = 1^m,50$, nous avons déterminé la forme de la surface libre de la lame déversant sous une charge de $0^m,50$, en relevant son profil en long suivant l'axe du canal et dans des sections situées respectivement à $0^m,50$ et à $0^m,25$ des deux parois latérales.

En opérant dans des conditions homologues, dans le canal C_2, nous avons constaté que la similitude géométrique des surfaces libres n'était pas tout à fait rigoureuse : les surfaces, ramenées l'une à l'autre par réduction géométrique, ne coïncident pas rigoureusement : la surface libre, dans le petit modèle, a tendance à se placer un peu au-dessous, dès qu'on s'éloigne du seuil vers l'aval; cette différence, presque nulle au voisinage de la rive le long de laquelle le seuil déversant atteint le point le plus éloigné vers l'aval, devient de plus en plus sensible vers la rive opposée; la divergence

est d'ailleurs plus forte dans le cas de $p = 1^m$, que dans le cas où $p = 1^m,50$; c'est-à-dire lorsque les vitesses d'approche sont plus grandes. Ceci sera précisé en détail ultérieurement, comme les divers autres points de cette Note.

4° *Coefficient de débit.* — Pour nous rendre compte de l'influence de l'obliquité du déversoir sur la valeur du coefficient de débit, nous avons calculé celui-ci, en fonction de la charge, pour $p = 0^m,75$, puis $p = 1^m$ et enfin $p = 1^m,50$, dans le canal G_1. Nous avons comparé les valeurs ainsi obtenues à celles qui auraient caractérisé un déversoir type, normal au courant, pour les mêmes valeurs de p, et sous les mêmes charges.

Le coefficient de débit du déversoir incliné, d'abord égal à celui du déversoir type, pour des charges de quelques centimètres, est ensuite nettement plus faible, sans que, toutefois, la différence dépasse 5 pour 100 au maximum. On voit que la réduction du débit, résultant de l'obliquité du seuil, demeure toujours très faible.

ÉLECTRICITÉ. — *Étude théorique des collecteurs de haute tension dérivés du tore.* Note [1] de Mme **Marguerite Moreau-Hanot**, présentée par M. Aimé Cotton.

Ainsi qu'on l'a montré qualitativement [2], certaines surfaces dérivées du tore conviendraient mieux que la sphère comme collecteurs de haute tension; il semble donc intéressant de préciser leurs propriétés électrostatiques. Dans ce but, étudions d'abord le champ créé par une charge Q régulièrement répartie sur une circonférence de rayon R.

Potentiel au voisinage d'une circonférence chargée. — Les surfaces équipotentielles étant de révolution, calculons le potentiel V, au point $P(xy)$ d'un plan XOY perpendiculaire au plan XOZ de la circonférence chargée

$$V = \frac{Q}{2\pi}\int_0^{2\pi}\frac{d\alpha}{\sqrt{x^2+y^2+R^2-2Rx\cos\alpha}} = \frac{Q}{\pi A}\int_0^{\pi}\frac{d\alpha}{\sqrt{1-B\cos\alpha}},$$

si l'on pose

$$x^2+y^2+R^2 = A^2 \quad \text{et} \quad 2Rx = BA^2,$$

comme $|B|$ est toujours inférieur à l'unité, on peut développer en série

---

(1) Séance du 19 mai 1937.

(2) M. Pauthenier et Mme M. Moreau-Hanot, *Comptes rendus*, 202, 1936, p. 929.

l'expression $(1 - B\cos\alpha)^{-\frac{1}{2}}$; dans l'intégration, les termes d'exposant impair s'annulent, les autres peuvent être calculés par une méthode de récurrence et l'on obtient

$$V = \frac{Q}{A}\left[1 + \frac{1.3}{2.4}\cdot\frac{1}{2}B^2 + \ldots + \frac{1.3\ldots(4n-1)}{2.4\ldots4n}\cdot\frac{1.3\ldots(2n-1)}{2.4\ldots2n}B^{2n} + \ldots\right].$$

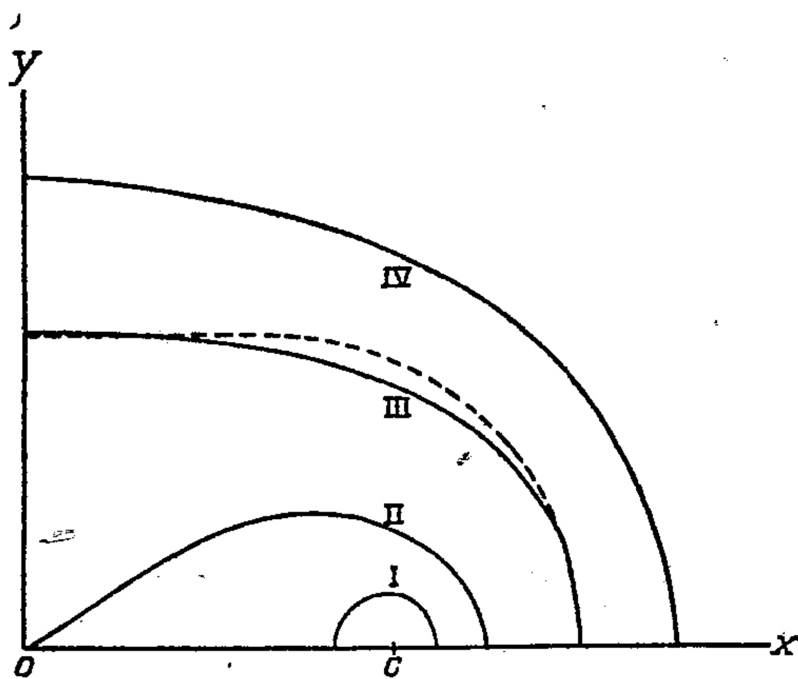
Un calcul ingénieux, dû à M. C. Pisot, permet d'évaluer cette série avec une approximation suffisante; on calcule le terme général grâce à la relation de Stirling et l'on transforme ainsi la série précédente en une somme de plusieurs séries. Parmi celles-ci, la seule qui prenne des valeurs élevées, est le développement de $-\mathcal{L}(1 - B^2)$; la seconde qui reste toujours inférieure à $1/15^e$ du terme principal, a pour valeur approchée

$$2B^2 - \frac{B^4}{3} + (1 - B^2)\mathcal{L}(1 - B^2);$$

les autres peuvent être négligées. On obtient, ainsi, en définitive,

$$V = \frac{Q}{A}\left[1 + \frac{(19 - 3B^2)\mathcal{L}\frac{1}{1 - B^2} - (6B^2 - B^4)}{16\pi\sqrt{2}}\right].$$

La figure, où le point C est la trace de la circonférence considérée,



représente le quart des méridiennes de quelques surfaces équipotentielles : parmi celles-ci, quelques-unes (I) peuvent être assimilées à des tores; d'autres (III) sont celles qui nous intéressent et que nous considérerons dans un prochain paragraphe.

Calcul du champ. — Les composantes du champ en un point P sont :

$$X = \frac{Q}{A^3}(xI - RJ), \qquad Y = \frac{Q}{A^3}yI,$$

si l'on désigne par I et J deux intégrales qu'un calcul, analogue au précédent, permet d'évaluer à 1 pour 100 près environ,

$$I = 1 + \frac{1}{\pi\sqrt{2}}\left[\frac{4B^2}{1-B^2} - \frac{1}{4}\mathcal{L}(1-B^2)\right],$$
$$J = 1 + \frac{1}{\pi\sqrt{2}}\left[\frac{4B^2}{1-B^2} - \frac{3}{4B}\mathcal{L}(1-B^2)\right].$$

Il y a lieu de faire une réserve pour le calcul de X aux points où xI et RJ étant du même ordre, l'erreur relative sur leur différence devient grande, mais cette remarque ne concerne pas les cas les plus intéressants.

Applications. — On a construit, pour un générateur à courant gazeux qui fonctionnera prochainement, un collecteur formé par la surface extérieure d'un tore à axe vertical et les deux cercles horizontaux qui s'y raccordent tangentiellement. Le diamètre équatorial est $1^m,80$ et la longueur de l'axe 1^m, sa méridienne est représentée en pointillé sur la figure; on voit qu'elle coïncide pratiquement avec l'une des méridiennes équipotentielles. Inversement, si l'on suppose la charge Q répartie sur une circonférence de rayon $R = 60^{cm}$, et qu'on calcule le potentiel aux différents points de la surface étudiée, on trouve des nombres compris entre Q/78 et Q/78 C. G. S., nombres assez voisins les uns des autres pour permettre d'affirmer que la capacité du collecteur est elle-même comprise entre 78 et 79 u. e. s. C. G. S.

Si le solide considéré est porté au potentiel V, le champ minimum (au voisinage du pôle) est Q/9500 ou V/121; le champ maximum (à l'équateur) Q/6030 ou V/77. On peut donc admettre que les potentiels explosifs entre deux solides identiques ayant leur plan équatorial commun sont les mêmes qu'entre sphères de 77^{cm} de rayon.

Enfin, supposons que l'on donne au collecteur considéré une charge telle que son champ superficiel maximum soit celui qui provoque l'ionisation de l'air (environ 30 KV/cm) le potentiel atteint, 2, 3 mégavolts, est à 4 pour 100 près le même que pour la sphère de même surface (80^{cm} de rayon); mais le champ superficiel est *inférieur à* 20 KV/cm *dans une surface d'environ* 20^{dm^2} *au voisinage de chaque pôle ;* les trous pratiqués

dans ces régions, les supports ou appareils qui s'y adaptent provoqueront donc des fuites beaucoup moindres que dans les sphères de même capacité ou de même surface.

ÉLECTRICITÉ. — *Sur l'influence du circuit de dérivation à la terre des appareils de protection contre la foudre dans un réseau électrique.* Note [1] de M. **Georges Bodier**, présentée par M. Aimé Cotton.

Les calculs relatifs à la détermination du pouvoir protecteur des parafoudres sont établis habituellement en supposant infinie la vitesse de propagation des ondes. On peut se demander quels seraient les résultats obtenus en introduisant dans les calculs la vitesse de propagation vraie.

L'expression du potentiel $U_{(xt)}$ en un point quelconque de la ligne, est ainsi la suivante :

$$U_{(xt)} = (1 + a)\Phi_0 + \frac{bL - (1 \pm a)x}{v}\frac{d\Phi}{dt}, \tag{1}$$

dans laquelle Φ_0 est la valeur au temps t de l'onde de tension incidente Φ au point de dérivation O du parafoudre;

x est l'abscisse du point, en prenant O comme origine, le sens positif étant celui de la propagation de l'onde incidente;

L est la longueur totale aller et retour du circuit de dérivation entre la ligne et le sol;

a et b sont des coefficients de réduction dépendant des caractéristiques des tronçons de circuit (a toujours négatif et b toujours positif);

v est la vitesse de propagation des ondes, supposée uniforme.

Dans le coefficient de x le signe adopté pour a est (—) lorsque le point considéré est à l'amont du parafoudre; (+) lorsque le point considéré est à l'aval.

Potentiel de la ligne à l'amont du parafoudre. — La formule (1) exprime que le potentiel, en un point, croît :

a) continuellement avec le temps pendant toute la durée du front de l'onde incidente;

b) lorsque l'abscisse x augmente;

c) lorsque la longueur de dérivation au sol L/2 croît.

Une valeur particulière U_1 du potentiel est atteinte pour un maximum

[1] Séance du 19 mai 1937.

$x = r$ défini par la relation

$$r = \frac{U_1 - (1+a)\Phi_a - (1+a-b)\frac{L}{v}\frac{d\Phi}{dt}}{\frac{2}{v}\frac{d\Phi}{dt}}, \qquad (2)$$

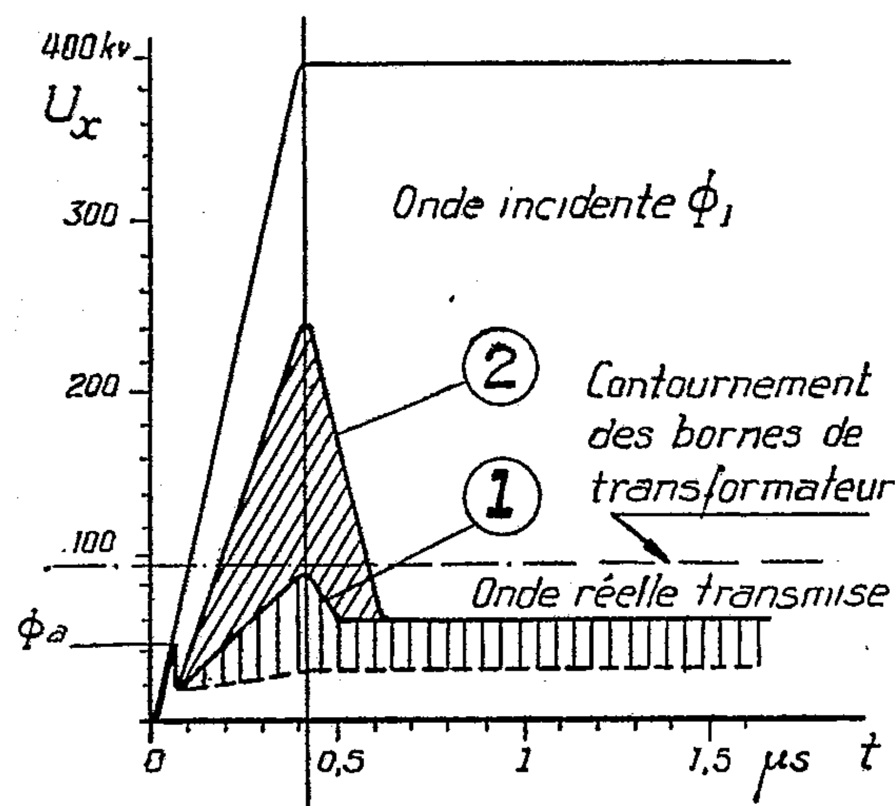
dans laquelle Φ_a est la tension d'amorçage du parafoudre.

En admettant pour valeur de U_1 la tension de contournement sous ondes de choc des isolateurs, l'application numérique faite pour les installations habituelles conduit aux remarques suivantes :

1° la valeur de r ne dépend pratiquement ni de la tension d'amorçage du parafoudre, ni de l'impédance aval du circuit à protéger;

2° la valeur de r est faible, de l'ordre de 100^m; de ce fait et de la proposition (a) nous concluons que le *parafoudre ne peut pas protéger les installations situées à l'amont.*

Potentiel de la ligne à l'aval du parafoudre. — Après le point de dérivation du parafoudre, toutes les ondes cheminent sur la ligne dans le même sens en s'éloignant de ce point, constituant par leur résultante l'onde



résiduelle. Le potentiel $U_{(xt)}$ en un point aval est le même que celui existant au point O au temps x/v précédent. Le potentiel maximum en un point quelconque est ainsi donné par le maximum de l'expression (1) dans laquelle $x = 0$.

Nous représentons par la figure ci-dessus la fonction $U_x = f(t)$ comparativement au potentiel de l'onde incidente Φ en un point quelconque à l'amont.

1° L'onde résiduelle présente une pointe de courte durée mais dont l'*amplitude peut être très élevée* suivant la raideur du front de l'onde incidente Φ et la longueur du conducteur de liaison entre la ligne et le sol.

La figure est établie à l'échelle pour une onde incidente de 400 kV et un parafoudre installé avant un transformateur de tension de service de 10 kV. Les pointes de tension relatives à des longueurs simples de circuits de terre de 10 et 30^{m} sont indiquées en (1) et (2).

2° Le trait ponctué de cette figure correspond aux calculs habituels et aux essais de laboratoire dans lesquels il n'est pas tenu compte de la résistance de la prise de terre du parafoudre.

Le fait de négliger celle-ci conduit à admettre le potentiel en un point quelconque aval, *bien inférieur* à sa valeur réelle. Indépendamment de la pointe de tension, l'erreur commise est d'autant plus grande que la tension du réseau électrique est plus faible. Ainsi, pour la basse tension, un seul parafoudre ne peut abaisser l'onde incidente Φ même supposée réduite à la tension de contournement des isolateurs, jusqu'à la tension de claquage des isolants des circuits d'utilisation. Pour les lignes à 10 kV, le potentiel U s'élève, pour une prise de terre de 20 ohms, à environ le double de la valeur indiquée habituellement.

PHYSIQUE ÉLECTRONIQUE DU SOLIDE. — *Sur le réseau électronique des éléments de transition*. Note [1] de M. **Robert Forrer**, transmise par M. Pierre Weiss.

J'ai établi [2] que les points de fusion T de la plupart des éléments satisfont à la relation

$$T = F\sqrt{N},$$

où F est un facteur voisin de 300° qui mesure l'intensité d'interaction entre les orbites électroniques, phénomène que j'ai appelé contact, et où N est le nombre de ces contacts d'un atome avec les voisins.

Mais les points de fusion des éléments de transition, qui sont très élevés, conduisent d'après cette loi, appliquée sans changement, à des nombres de contacts et par conséquent à des nombres d'électrons employés dans la construction du réseau (valence réticulaire) difficiles à admettre.

(1) Séance du 19 mai 1937.
(2) *Ann. de Phys.*, 4, 1935, p. 202.

Je vais développer une hypothèse qui résout la difficulté. Je remarque que tous les électrons employés jusqu'à présent pour la construction du réseau de solidification sont des électrons p. D'autre part, les électrons s qui sont porteurs de la supraconduction sont aussi susceptibles d'interaction, mais elle est incomparablement plus faible, puisqu'elle est mesurée par la température de transition de l'état supraconducteur à l'état normal, température de l'ordre de quelques degrés seulement.

Cette différence marquée entre les propriétés des électrons s et des électrons p suggère de mettre l'intensité de l'interaction en rapport avec le nombre l des quanta orbitaux. Elle serait voisine de zéro pour les électrons s pour lesquels $l = 0$, voisine de 300° pour les électrons p où $l = 1$, et voisine de 600° pour les électrons d où $l = 2$.

Or ce sont précisément des électrons d que l'on est obligé d'employer pour la construction du réseau électronique des éléments de transition de points de fusion élevés.

Considérons la série Re, Os, Ir, Pt. Avec une intensité d'interaction voisine de 600°, on trouve les nombres de contact 30, 24, 18 et 12 et, en admettant six contacts par orbite, leur valence réticulaire, c'est-à-dire le nombre d'électrons par atome employés à la construction du réseau est $n_d = 5, 4, 3, 2$.

Cette détermination de la valence réticulaire se raccorde avec les disponibilités en électrons que l'on connaît par ailleurs. On sait que l'analyse spectrale conduit à attribuer l'état s à deux électrons placés en dehors de l'étage qui est en voie de se compléter et qui est caractéristique des éléments de transition. Si nous écartons de même deux électrons pour les placer dans l'étage extérieur il reste précisément un nombre d'électrons solitaires d (de spin non compensé) égal à la valence réticulaire.

Cette identité des électrons de valence réticulaire avec les électrons solitaires à l'état d se trouve aussi dans Sc, Ti, V; Zr, Nb, Mo; et Th, toujours en admettant deux électrons à l'état s.

Dans les éléments Ru, Rh; Hf, Ta, W par contre, on trouve cette identité, si l'on admet qu'un seul électron se trouve à l'état s.

En choisissant un exemple dans chaque catégorie, on peut donner la formule électronique de Ir et W :

	5s.	5p.	5d.	6s.
Ir.............	2	6	22[[1 1 1]]	2
W.............	2	6	[[1 1 1 1 1]]	1

où les électrons réticulaires, qui sont en même temps des orbites solitaires, sont entre doubles crochets pour indiquer la construction d'un réseau électronique par des contacts d'intensité double.

Deux conclusions importantes se dégagent de cette étude :

1° *L'intensité d'interaction* F *est proportionnelle au nombre quantique* l *orbital*

$$F = l . F_p,$$

où F_p, de l'ordre de 300° est l'intensité de contact pour les électrons $p(l=1)$.

2° *Les électrons orbitaux qui*, d'après leur emploi dans le système périodique, *sont des électrons solitaires, sont précisément ceux qui servent à la construction du réseau.* Leur nombre est la valence réticulaire.

MAGNÉTISME. — *Sur les cycles de recul des aciers à aimant.* Note (¹) de M. **Henri Lacoste-Tayan**, présentée par M. Aimé Cotton.

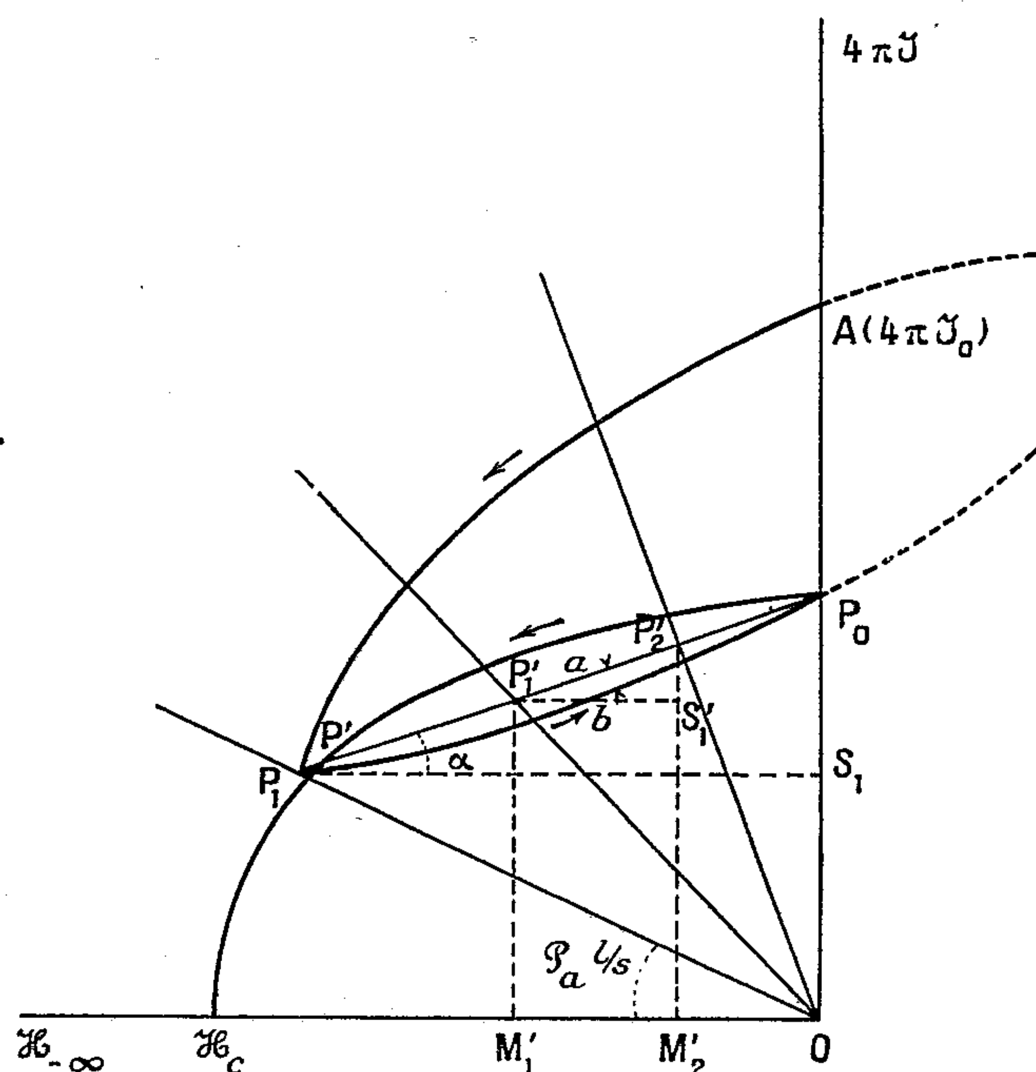
L'état magnétique d'un aimant, parfaitement aimanté et stabilisé, est entièrement déterminé à chaque instant par les conditions de la partie extérieure du circuit magnétique dont il fait partie. Il est figurable par un point toujours situé dans le quadrant des H négatifs et des $4\pi I$ positifs, et à l'intérieur de la courbe obtenue en passant de la saturation positive à la saturation négative (branche supérieure de cycles d'hystérèse du métal). Lorsque l'aimant est employé sans armature, son aimantation résiduelle ne dépend que de la perméance aérienne, déterminée elle-même par la forme et les dimensions géométriques de la pièce. Le point figuratif se trouve alors sur la courbe même. Lorsqu'il est employé armé, c'est-à-dire avec un circuit extérieur complexe, air et fer, le point figuratif de l'état magnétique se trouve sur la branche remontante d'un cycle partiel $P_1 P_0$ par exemple.

L'armement peut être plus ou moins complet. Un court-circuit parfait ramène ce point en P_0 sur l'axe OA ; un armement partiel le laisse quelque part sur la ligne de recul partant du point P_1 qui définit l'aimantation en circuit ouvert.

Si l'armement est périodiquement variable comme dans les magnétos, le point figuratif de $4\pi I$ décrit une bouche auxiliaire fermée, dont les

(¹) Séance du 3 mai 1937.

limites extrêmes sont pratiquement H résiduel et $H = 0$, bien que les branches montante et descendante se coupent en un point P′ différent de P_1.



L'étude de ces boucles faite systématiquement a mis en évidence les points suivants :

1° Ces boucles se ferment exactement et sont d'autant plus aplaties que la coercivité de l'acier est plus grande;

2° Elles diffèrent un peu de la droite joignant les valeurs extrêmes de $4\pi I$;

3° L'énergie volumique dégradée dans chaque boucle

$$\frac{W}{V} = \int_{I_1}^{I_0} H\,dI$$

(et représentée par la surface de celle-ci au facteur $1/4\pi$ près) est faible [2].

Je donnerai comme exemples les résultats suivants :

([2]) La surface de la boucle a été obtenue au planimètre, mais on aurait pu, avec une précision très suffisante, assimiler chaque boucle à une ellipse très aplatie.

Acier à 6 % *de* Tu ($4\pi I_0 = 11400$ Gs, Hc = 55 OE).

H résiduel.	$4\pi I_1$.	$4\pi I_0$.	Écart max. *ab*.	Écart max. entre branches.	$\frac{W}{V}$ $\frac{ergs}{cm^3}$.	$\rho = \frac{\Delta(4\pi I)}{\Delta H}$.
54,7........	275	3550	225	600	2030	59,8
54,0........	2125	5325	175	400	1370	59,3
51,5........	4775	7675	140	400	1270	56,4
46,0........	7000	9200	75	225	575	47,9
35,2........	9000	10325	50	115	260	37,0

Acier à 10 % *de* Co ($4\pi I_0 = 10450$ Gs, Hc = 121 OE).

118,0.......	1200	4575	175	575	3720	28,6
111,2.......	3250	6375	150	500	3180	27,9
103,5.......	4750	7450	135	375	2035	26,0
91,5.......	6200	8325	90	225	975	23,3
56,0.......	8600	9700	15	50	100	19,6

Acier à 35 % *de* Co ($4\pi I_0 = 10430$ Gs, Hc = 238 OE).

235,5.......	750	4050	190	450	5180	14,1
222,2.......	3425	6350	115	375	4285	13,4
188,3.......	6100	8300	70	160	1390	11,7
127,5.......	8200	9600	10	60	640	11,0
62,5.......	9600	10150	0	20	40	8,8

La pratique industrielle qui confond ces boucles avec la droite joignant les valeurs extrêmes de $4\pi I$ est suffisamment justifiée.

Remarquons en effet que, par leur nature même, deux aimants ayant même composition chimique et subissant des traitements réputés identiques, sont physiquement différents.

Notons enfin que la perméance intérieure de l'aimant, définie par le rapport $\Delta\Phi/\Delta F$ en chaque point est pratiquement indépendante du degré d'armement. Le rapport de la variation $\Delta\Phi$ du flux à la variation ΔF de la force magnétomotrice, obtenue par augmentation de la perméance aérienne, par exemple (point P'_2) est pratiquement constant le long d'une branche de recul. Il est égal au produit du facteur même de recul ρ par la constante s/l ne dépendant que des dimensions de l'aimant.

ÉMISSION LUMINEUSE. — *Sur une loi d'émission d'un rayonnement à spectre contenu (lumière blanche) par les tubes au xénon.* Note de M. **Marcel Laporte**, présentée par M. Charles Fabry.

Nous avons montré ([1]) que l'intensité lumineuse d'un segment de tube électroluminescent est, en général, indépendante de la direction d'émission : si l'on désigne par I_α, l'intensité dans une direction qui fait l'angle α, avec la normale au tube, la relation $I_\alpha = \text{const.}$ est équivalente à la relation $B_\alpha = B_0/\cos\alpha$ entre les brillances du tube dans la direction α et la perpendiculaire au tube, ou encore, à la relation $B_\alpha/d_\alpha = B_0/d_0$ qui indique que la brillance d'un élément de volume de gaz luminescent dans une direction est proportionnelle à l'épaisseur de cette source dans cette direction.

Il a été remarqué que cette loi ne saurait s'appliquer que pour les radiations que le gaz n'absorbe pas; elle est en particulier inapplicable aux lampes à vapeur de sodium dont l'émission dans le visible est presque uniquement constituée par la radiation de résonance très absorbable; de telles lampes émettent suivant la loi de Lambert $I_\alpha = I_0 \cos\alpha$.

Lorsque la loi s'applique, la détermination du flux lumineux total, émis par un tube de longueur L, est donnée par la formule $\Phi = 4\pi i L$ et se ramène à la mesure facile de l'intensité lumineuse i, émise par un segment de tube de longueur unité.

Il a été indiqué d'autre part ([2]) qu'un tube à xénon en série avec un thyratron, dont la grille est convenablement polarisée, émet, lorsqu'il est traversé par la décharge d'un condensateur, un spectre presque rigoureusement continu dans le visible et l'ultraviolet (observé jusqu'à 2000 Å).

Nous avons étudié la loi d'émission lumineuse, en fonction de la direction, pour un segment de 55^{mm} d'un tube à xénon (pression 5^{mm}; diamètre 10^{mm}; longueur 1^{m}) excité dans les conditions ci-dessus.

On a utilisé un photomètre de Lummer et, comme source de comparaison, une lampe à incandescence (avec interposition de deux verres bleus), placée à deux mètres du tube. On constate que, lorsque le tube émet normalement à sa direction, l'égalité d'éclairement des plages est réalisée lorsque le

([1]) *Rev. d'Optique*. **12**, 1933, p. 21.
([2]) *Comptes rendus*, **204**, 1937, p. 1240.

photomètre est à 111^{cm} de la lampe, position que trois observateurs normaux fixent à deux centimètres près.

La même position est retrouvée, dans les mêmes limites de précision, lorsque l'angle de la normale au tube avec la direction d'émission vers le photomètre varie de zéro à 70 grades ([3]).

L'existence de cette loi d'émission facilite la photométrie des tubes lumière blanche, en ramenant, comme il a été expliqué, la mesure du flux lumineux total à celle de l'intensité émise par un centimètre de tube ([4]), elle rend probable que le gaz n'absorbe pas de façon sensible ses propres radiations (tout au moins les radiations visibles); il y aura lieu de tenir compte de ce résultat expérimental dans les tentatives d'explication du mécanisme de l'émission du spectre continu.

RADIOACTIVITÉ. — *Matérialisation de l'énergie des rayons* β *du* Th (B + C). Note ([1]) de M. **Mohammad Mohadjémi**, présentée par M. Jean Perrin.

L'étude théorique et expérimentale de la création des paires sous l'action des rayons γ et β des corps radioactifs a été étudiée par différents auteurs.

D'après la théorie, les rayons γ et les rayons β d'une énergie plus grande que 10^6 eV peuvent se matérialiser en donnant un positon et un négaton et la matérialisation des rayons γ est plus grande que celle des rayons β.

Les résultats sur la matérialisation des rayons β obtenus par Skobelzyn et Stepanowa ([2]), avec la chambre de Wilson, n'étaient pas en accord avec la théorie et n'avaient pas été retrouvés par d'autres auteurs travaillant avec les compteurs ([3]); ils indiquaient pour la matérialisation des rayons β une valeur 100 fois plus grande que celle des rayons γ et à nombre égal d'atomes absorbants la probabilité moyenne de production des positons par les particules β, dont l'énergie est comprise entre 1 et 3 millions de volts est proportionnelle à Z (nombre atomique de l'écran employé).

J'ai entrepris l'étude de la matérialisation des rayons β par la méthode

---

([3]) L'expérience n'a pu être poussée au delà, l'écran qui limite le segment de tube commençant à intercepter la lumière.

([4]) Marcel Laporte et François Gans, *Rev. d'Optique*, 15, 1936, p. 321.

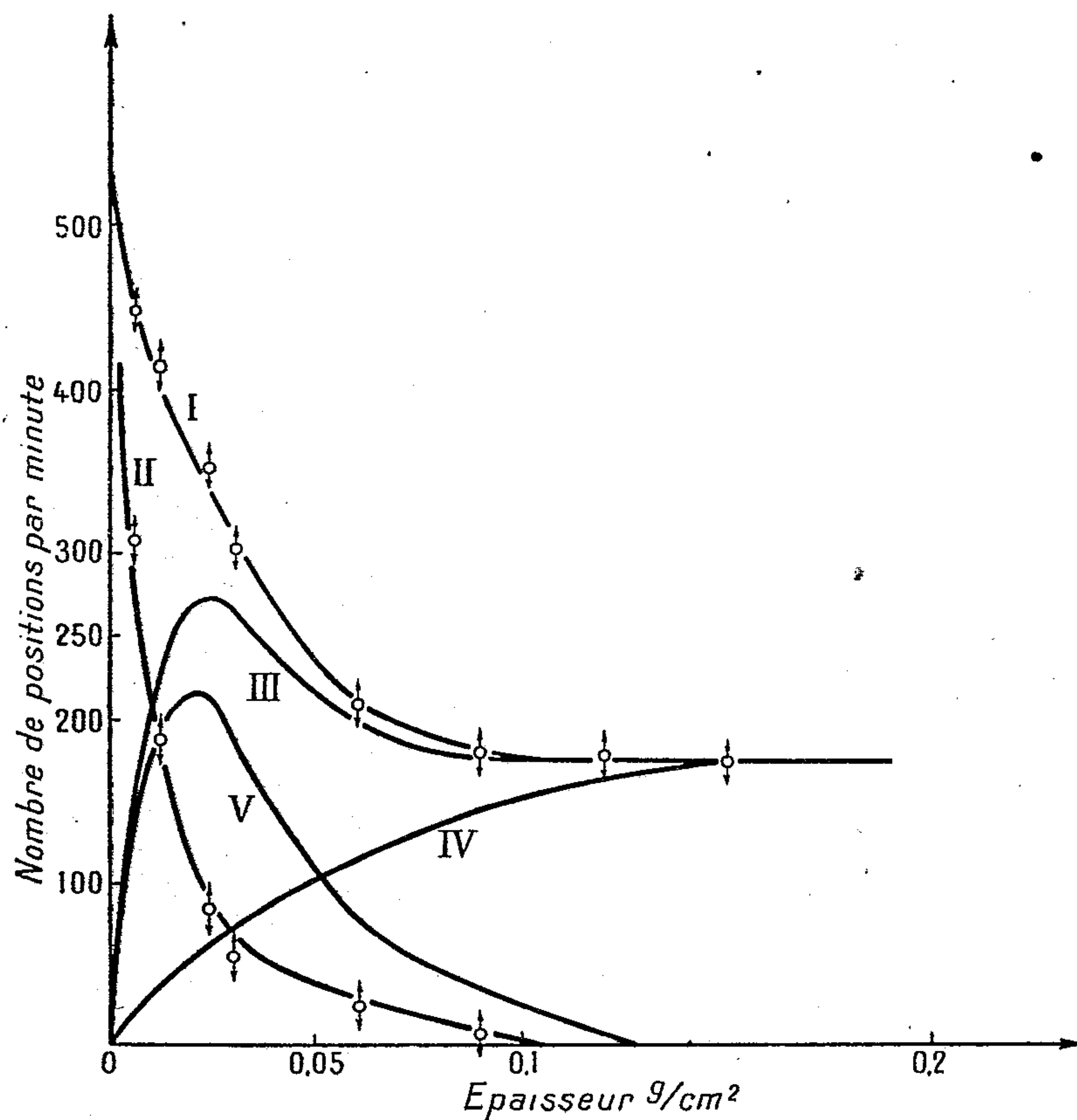
([1]) Séance du 10 mai 1937.

([2]) *J. Phys.*, 6, 1935, p. 1.

([3]) Benedetti, *J. Phys.*, 7, 1936, p. 211; Alichanow-Alichanian, *J. Phys.*, 7, 1936, p. 163.

de la trochoïde qui permet de séparer et focaliser les positons et les négatons ([4]). La forme des pièces polaires de l'électroaimant a été modifiée de façon à augmenter le gradient du champ magnétique. Les positons étaient reçus dans un compteur de Geiger-Muller. La source était constituée par un fil de cuivre de 2/10ᵉ de millimètre de diamètre, activé par le dépôt actif de Th (B + C).

Des recherches antérieures de Benedetti par la même méthode avaient donné des résultats négatifs. Dans ses expériences le gradient du champ



magnétique était trop faible, de sorte que les positons étaient obligés de traverser l'écran plusieurs fois et les plus énergiques seulement pouvaient atteindre le compteur.

Résultats. — La courbe I correspond à une série d'expériences qui a été

([4]) THIBAUD, *Phys. Review*, 45, 1934, p. 781.

faite en plaçant des écrans d'aluminium d'épaisseur croissante sur la source.

La courbe II correspond à une série d'expériences faites en plaçant des écrans sur le trajet des positons et loin de la source. Ces deux courbes ne coïncident pas, ce qui montre que lorsque les écrans sont placés sur la source et subissent le bombardement des rayons γ et β, il y a création de positons dont le nombre est donné par la différence des ordonnées des deux courbes (courbe III).

La courbe IV correspond à la matérialisation des rayons γ et est obtenue de la même manière que la courbe III, mais en laissant toujours sur la source un écran de cellophane assez épais pour absorber les rayons β.

La courbe V — différence entre les courbes III et IV — donne le nombre de positons dû à la matérialisation des rayons β. Sur cette courbe le nombre de positons augmente jusqu'à une épaisseur de l'écran de 0,023 g/cm^2, ensuite il décroît et s'annule aux environs de 0,13 g/cm^2. Cette courbe est en accord avec celle obtenue par Da Silva ([5]) (chambre de Wilson), en tenant compte que dans notre cas les écrans sont traversés en moyenne quatre fois et qu'on doit donc multiplier par 4 les abscisses.

En remplaçant les écrans d'aluminium par des écrans de cellophane et de cuivre, nous avons trouvé qu'à masse superficielle égale; le rendement pour la création de paires est de même ordre que dans l'aluminium et la probabilité de matérialisation serait donc proportionnelle à Z, tandis que la probabilité de matérialisation des rayons γ est proportionnelle à Z^2. Ce résultat, ainsi que la section efficace de matérialisation que je trouve sont en accord avec ceux obtenus par Skobelzyn et Stepanova, et par Da Silva.

Les expériences faites avec une source de $RaBr^2$ ont donné des résultats analogues en ce qui concerne la matérialisation des rayons β.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Détermination de l'hydratation des ions du nitrate de calcium.* Note de MM. **François Bourion** et **Émile Rouyer**, présentée par M. Georges Urbain.

Comme dans des recherches antérieures analogues, nous avons fixé l'hydratation globale des ions du nitrate de calcium en solution aqueuse, en faisant l'étude par voie cryoscopique des équilibres moléculaires de la

---

([5]) *Comptes rendus*, 202, 1936, p. 2070.

résorcine dans les solutions de ce sel, de manière que la constante d'équilibre

$$K_3 = \frac{c^3}{c'} = \frac{3C(330\Delta - ak')^3}{4a^2 k'^2 (3ak' - 330\Delta)}$$

ait la même valeur ([1]) que dans l'eau, complétant ainsi des études précédentes, relatives aux sels alcalins et alcalino-terreux ([2]).

Nous avons étudié successivement les solutions de nitrate de calcium 0,5M et 0,25M. Nous avons observé :

	$(NO^3)^2Ca$ 0,25 M; $k' = 20,35$.		$(NO^3)^2Ca$ 0,5 M; $k' = 22,3$.	
Concentration.	Δ.	K_3.	Δ.	K_3.
0,250	0,492	1,409	0,568	–
0,375	0,721	1,833	0,819	–
0,500	0,945	2,238	1,064	–
0,625	1,163	2,573	1,299	–
0,750	1,376	2,831	1,533	2,991
0,875	1,582	2,978	1,761	3,112
1,000	1,788	3,145	1,993	3,319
1,125	1,988	3,218	2,222	3,473
1,250	2,189	3,307	2,451	3,616
1,375	2,393	3,418	2,675	3,679
1,500	2,601	3,551	2,899	3,728
1,625	2,802	3,583	3,127	3,799
1,750	3,002	3,586	3,351	3,807
1,875	3,200	3,550	3,579	3,828
2,000	3,403	3,541	3,813	3,873
2,125	3,617	3,596	–	–
2,250	3,832	3,628	–	–
2,375	4,056	3,696	–	–
2,500	4,275	3,695	–	–
2,625	4,501	3,711	–	–

On voit que, pour la concentration 0,5 en nitrate de calcium, il n'y a pas de valeur constante pour le paramètre K_3 qui croît continuement avec la concentration en résorcine, tandis que pour la concentration 0,25 en $(NO^3)^2Ca$, on observe une constance très convenable de K_3 pour $k' = 20,35$ dans l'intervalle de concentration en résorcine qui s'étend de $C = 1,250$

([1]) F. Bourion, E. Rouyer et Mlle O. Hun, *Comptes rendus*, 196, 1933, p. 1015.

([2]) F. Bourion et E. Rouyer, *Comptes rendus*, 196, 1933, p. 1111; 197, 1933, p. 52; 198, 1934, p. 175; F. Bourion et Mlle O. Hun, *Comptes rendus*, 196, 1933, p. 1489.

à $C = 2,250$ et l'on calcule aisément par extrapolation, en utilisant les valeurs de K_3 correspondant à $k' = 20,35$ et à $k' = 20,4$, que $K_3 = 3,500$ pour $k' = 20,371$.

Calcul de l'hydratation globale des ions pour $(NO^3)^2Ca$ 0,25M. — Le pour cent x de l'eau fixé sur le sel est

$$x = \frac{100(20,371 - 18,4)}{20,371} = 9,67.$$

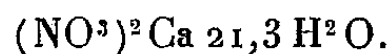
D'autre part, la densité de la solution de nitrate de calcium 0,25 M montre que la masse de nitrate de calcium par 100^g d'eau est

$$\frac{164/4 \times 100}{998,61},$$

d'où l'on déduit le nombre de molécules d'eau fixé sur une molécule de nitrate de calcium

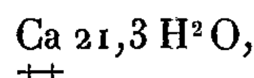
$$\frac{9,67 \times 164}{\frac{\frac{164}{4} \times 100}{989,61 \times 18}} = 21,252.$$

L'hydrate correspondant aux solutions de nitrate de calcium 0,25 M est donc



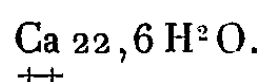
$$(NO^3)^2Ca\ 21,3\ H^2O.$$

Si nous considérons l'hydratation de l'ion nitrique comme nulle ainsi que nous l'avons indiqué précédemment ([3]), le degré de l'hydratation du nitrate est aussi celui de l'ion calcium Ca à la concentration 0,25, de telle sorte que l'hydrate de l'ion calcium est



$$\underset{++}{Ca}\ 21,3\ H^2O,$$

très voisin de celui que nous avons trouvé à partir du chlorure de calcium à la même concentration 0,25, soit ([3])



$$\underset{++}{Ca}\ 22,6\ H^2O.$$

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur la corrosion des assemblages.* Note de MM. **Jean Cournot** et **Marc Baudrand**, présentée par M. Léon Guillet.

La présente Note résume les résultats obtenus dans la deuxième partie d'une recherche dont nous avons précédemment exposé les débuts ([1]). Les

([3]) F. Bourion, E. Rouyer et Mlle O. Hun, *Comptes rendus*, 204, 1937, p. 1420.

([1]) *Comptes rendus*, 203, 1936, p. 1359.

alliages essayés et les natures de rivets sont restés les mêmes, ainsi que les dimensions des éprouvettes, leur mode de préparation et les méthodes d'attaque et d'appréciation de la corrosion.

Nous avons étudié cette fois-ci les altérations d'assemblages de deux tôles de *nature différente*, rivées à la presse; nous n'avons pas réalisé sur nos alliages tous les cas possibles, conservant seulement les types d'assemblages rationnels du point de vue construction aéronautique.

Le tableau ci-après groupe les résultats de pertes de poids (en pour 100 × 1000); chaque case renferme les pertes de poids relatives aux assemblages des deux alliages portés au début de la ligne et en haut de la colonne correspondante; dans chaque case, chacune des trois lignes se rapporte à une nature différente des rivets :

— ligne supérieure : rivets nus en alliage léger à haute résistance;
— ligne intermédiaire : les mêmes rivets, cadmiés;
— ligne inférieure : rivets en acier inoxydable type 18.8;

enfin, chaque ligne d'une case comprend deux nombres : celui de gauche représente la perte de poids de l'élément nommé en début de ligne; celui de droite, la perte de poids de l'élément nommé en haut de colonne.

	Alliage léger HR plaqué Al.	Alliage léger au magnésium.	Acier inoxydable.	Acier chrome-molybdène.	Acier Ni-Cr demi-dur.	Acier Ni-Cr auto-trempant.
Alliage léger HR.	3,7-9,5	2,0-18,5	9,7-0,20	0,6-12,8	0,8-13,7	1,0 -15,4
	3,7-7,4	1,6-18,2	8,9-0,14	0,4-11,5	1,0-13,6	0,7 -13,0
	–	–	14,0-0,18	–	–	–
Alliage léger HR plaqué Al.	–	3,5-14,5	14,0-0,27	3,1-11,9	6,2- 9,7	7,7 -12,7
	–	3,2-14,7	13,1-0,20	2,0-11,5	6,0- 9,6	5,6 -12,5
	–	–	15,5-0,24	–	–	–
Alliage léger au Mg.	–	–	26,9-0,12	23,3- 4,3	32,1- 2,7	34,7 - 1,7
	–	–	19,1-0,05	27,2- 3,4	31,0- 2,3	29,7 - 1,5
	–	–	29,3-0,09	–	–	–
Acier inoxydable.	–	–	–	–	–	–
	–	–	–	–	–	–
	–	–	–	0,11-14,3	0,12-17,7	0,07-19,6

L'attaque n'est pas homogène sur les deux faces, car elle dépend de la nature de l'élément en contact avec la tête de rivet; d'autre part, elle atteint son effet maximum au contact des deux éléments et autour des rivets (effet de contact, écrouissage de rivetage et aération réduite); il en résulte que les essais mécaniques sur les régions éloignées de quelques centimètres de la zone de contact, ne donnent pas de résultats bien nets.

Les pertes de poids du tableau ci-dessus sont au contraire fort régulières et caractérisent bien la corrosion des divers éléments : on remarque la tenue défavorable de l'alliage léger au magnésium par rapport à tous les

autres alliages, et, au contraire, l'excellente tenue des alliages légers à haute résistance par rapport aux aciers, l'acier inoxydable mis à part; c'est évidemment ce dernier qui offre la meilleure résistance aux altérations. On note également, dans l'ensemble, une amélioration avec les rivets cadmiés.

Nous poursuivons nos recherches sur assemblages soudés.

CHIMIE ANALYTIQUE. — *Sur une application de la luminescence à l'analyse quantitative : micro-dosage de l'élément samarium.* Note de MM. **Marcel Servigne** et **Étienne Vassy**, présentée par M. Georges Urbain.

Depuis longtemps, W. Crookes, Lecoq de Boisbaudran, G. Urbain ont donné des méthodes particulièrement sensibles de recherche des éléments rares en mettant à profit la phosphorescence cathodique. L'un de nous (1) a signalé une nouvelle méthode de ce genre pour la *recherche qualitative des mêmes éléments*, du samarium en particulier. Cette méthode consiste à observer au spectroscope l'émission des centres luminogènes à éléments de terres rares renfermés dans un diluant tel que le tungstate de calcium chimiquement pur, et dont la photoluminescence est excitée, vers 100°C, dans un tube à décharge. C'est ainsi qu'on peut facilement déceler les étroites bandes principales de l'émission rouge du samarium, jusqu'à des teneurs de cet élément de l'ordre de 10^{-6} g. par gramme de diluant.

Il a paru intéressant d'examiner s'il était possible de faire, dans les conditions précédentes, *un dosage quantitatif* de chacun des éléments de terres rares, du samarium pur par exemple, en appliquant les méthodes habituelles de la photométrie photographique.

La source de lumière était une longue ampoule tubulaire excitée, dans les conditions déjà décrites (2), par un courant maintenu constant. Dans cette ampoule, les échantillons à comparer étaient répartis sur des surfaces égales, régulièrement espacées. Ces échantillons étaient constitués par un diluant unique, le tungstate de calcium, renfermant des teneurs par gramme de diluant respectivement égales à $1,07.10^{-4}$g;

(1) M. Servigne, *Comptes rendus*, 204, 1937, p. 863.

(2) M. Servigne, *Comptes rendus*, 203, 1936, p. 1247.

0,820.10^{-4}g; 0,410.10^{-4}g; 0,164.10^{-4}g et 0,082.10^{-4}g de samarium. L'uniformité de texture de ces différentes solutions solides avait été obtenue, après broyage, par sélection des microcristaux de dimensions sensiblement fixes. Le tube cylindrique, d'un diamètre intérieur de 12^{mm}, était alimenté sous 600 volts et 310 milliampères. La température de régime de toutes les substances excitées dans les mêmes conditions demeurait égale à 80° C.

La lumière émise par une région déterminée du tube pouvait être concentrée, à l'aide d'une lentille de 9^{cm} de distance focale, sur la fente d'un spectrographe ouvert à $f/9$ et donnant dans la région 6500 Å une dispersion d'environ 80 Å par millimètre. On obtenait ainsi sur plaque Ilford Hypersensitive Panchromatic, en 12 secondes, un spectre s'étendant sur toute la région visible. La largeur de la fente du spectrographe avait été choisie de façon que, sur la plaque, la largeur des bandes étroites du Samarium soit d'environ $0^{mm},5$. Cette largeur donnait encore une bonne séparation des bandes voisines tout en permettant d'éviter les difficultés inhérentes à la photométrie des raies (effet Eberhard, grain de l'émulsion, etc.).

Il s'agissait, au moyen du dispositif précédent, de comparer les intensités d'une *même bande* d'émission due au samarium des différents échantillons. On devait, en particulier, fixer la relation qui lie ces intensités aux concentrations correspondantes en élément actif. Pour cela, les spectres d'émission des substances étudiées ont été photographiés sur une même plaque. De plus, dans le but de graduer cette plaque, on a également photographié le spectre d'émission de l'échantillon le plus concentré en samarium, après avoir affaibli cette émission dans des rapports connus, au moyen d'écrans absorbants placés successivement sur la lentille de projection.

Les densités de tous les spectres obtenus ont été ensuite mesurées après enregistrement au microphotomètre de Chalonge et Lambert et l'on a construit les courbes de gradation. Nous nous sommes limités, dans cette partie du travail, à la région spectrale comprenant l'étroite bande dont le maximum est à 6357 Å : c'est une des bandes d'émission de luminescence qui persiste pour les grandes dilutions des centres samarifères et c'est aussi une des bandes pour laquelle l'intensité du fond continu, dû aux autres centres émetteurs du diluant, est minimum. Il était ici indispensable de tenir compte de cette émission continue, car elle se superpose dans tous les spectres à la bande 6357 Å avec une intensité qui dépend de la concentration en samarium. C'est en opérant par différence que nous avons fait

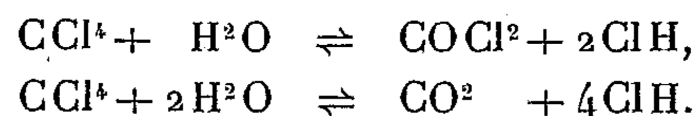
la part de l'intensité propre de la bande principale choisie, après mesure dans son voisinage immédiat de l'intensité du fond continu.

Les opérations précédentes nous ont permis de comparer entre elles les émissions des échantillons étudiés sans sortir de la partie rectiligne des courbes de gradation ; ce fait justifie, parmi différentes raisons, le choix des concentrations en samarium fixées plus haut, c'est-à-dire comprises entre 10^{-4} et 10^{-5} g. par gramme de substance. Nous avons ainsi trouvé que, dans le cas particulier du samarium en solution solide très diluée, *l'intensité de la bande étudiée est proportionnelle à la concentration de l'élément actif.*

Ce dernier résultat permet d'appliquer la méthode précédente au microdosage du samarium. La précision obtenue dans ces mesures est d'environ 5 pour 100.

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur l'altération des métaux par le tétrachlorure de carbone en présence d'eau.* Note de MM. **René Dubrisay** et **Georges Arditti**, présentée par M. Marcel Delépine.

On admet en général (1) que l'altération des métaux par le tétrachlorure de carbone en présence d'eau est liée à l'hydrolyse de ce liquide suivant une des réactions



$$CCl^4 + H^2O \rightleftharpoons COCl^2 + 2ClH,$$
$$CCl^4 + 2H^2O \rightleftharpoons CO^2 + 4ClH.$$

De fait, contrairement à ce qui a parfois été annoncé, nous avons pu constater qu'en l'absence d'air l'hydrolyse du tétrachlorure avec production d'acide chlorhydrique se manifestait lentement même à froid, plus rapidement à chaud (2).

Cependant, il ne semble pas que dans tous les cas on puisse expliquer l'attaque des métaux par la simple action de l'acide chlorhydrique libéré. Tout d'abord, les divers métaux se comportent de façon différente ; un certain nombre d'entre eux (aluminium, argent, platine) sont pratiquement inaltérés ; d'autres, au contraire, comme le cuivre, le zinc, le fer, le magné-

(1) Ullmann, *Dictionnaire de Chimie technologique,* Berlin, 3, 1929, p. 362 ; Elmanovitsch, *Chem. Zent.,* 1, 1933, p. 503.

(2) On trouve, au bout de 20 jours $0^{mg},42$ de chlore dans 10^{cm^3} d'eau et $0^{mg},84$ au bout de 40 jours, si l'on travaille dans des tubes pyrex.

sium, réagissent lentement à froid, beaucoup plus rapidement à chaud. Même pour ces derniers métaux, une expérience très simple permet de montrer que le mécanisme de la corrosion est variable : dans un tube en Y retourné, on verse de l'eau et du tétrachlorure [3] puis on place le métal étudié soit dans la couche aqueuse, soit dans le tétrachlorure de carbone. On fait le vide par la branche supérieure de l'Y, on scelle et l'on constate que dans le cas du cuivre, par exemple, il y a corrosion quand le métal est plongé dans l'eau et pas quand il est baigné par le tétrachlorure : l'inverse se passe pour le zinc.

Au bout de trois mois, dans le cas de ce second métal, on ne trouve dans l'eau que des quantités infimes de zinc, et une petite quantité de chlore (2^{mg} pour 20^{cm^3} d'eau). Mais dans la couche de tétrachlorure on observe au contact du métal un abondant précipité blanc, insoluble dans l'eau, constitué en majeure partie tout au moins par de l'oxychlorure de zinc [4]. Certains auteurs [5] ayant proposé de préparer le chloroforme en réduisant à chaud le tétrachlorure par un métal en poudre (zinc ou fer) imbibé d'eau pure ou acidulée, nous avons recherché le chloroforme dans le tétrachlorure extrait du tube en Y, et obtenu une odeur de carbylamine très nette par action de l'aniline en milieu alcalin. Nous admettrons donc que, au moins schématiquement il y a réduction du tétrachlorure par l'hydrogène naissant produit par action du zinc sur l'eau ou l'acide dilué.

Avec le cuivre, le phénomène est tout différent. Comme il a été dit, il n'y a aucune apparence de corrosion si le métal plonge dans le tétrachlorure. S'il baigne dans la phase aqueuse, cette phase est fortement colorée en bleu et l'analyse décèle des quantités notables de cuivre (11^{mg} au bout de trois mois) en même temps que des cristaux blancs de chlorure cuivreux se forment au contact de la lame métallique. On est conduit d'abord à supposer qu'il y a corrosion par action simultanée de l'acide chlorhydrique et de l'oxygène existant dans les gaz occlus par le métal. Mais nous avons, au temps près observé rigoureusement les mêmes phénomènes en utilisant soit du métal chauffé longtemps dans le vide poussé, soit même du cuivre obtenu par réduction d'oxyde par l'hydrogène que nous introduisions dans

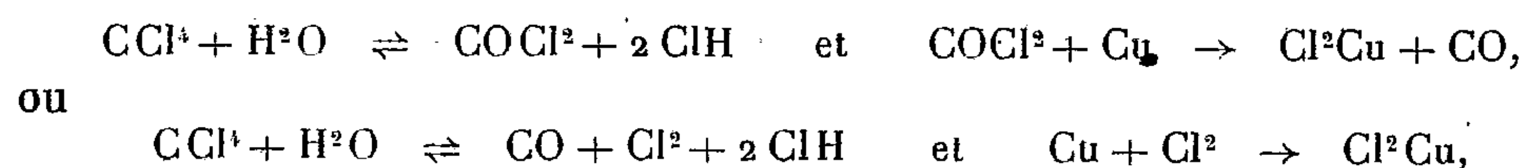
---

(3) Purifié par la méthode de Schmitz et Dumont (*Chem. Zeits.*, 21, 1897, p. 511), suivie d'une distillation sur le cuivre ou le nickel.

(4) On trouve, à l'analyse, Zn 66 pour 100 et Cl 17 pour 100, ce qui se rapproche de la composition d'un oxychlorure connu $ZnCl^2$, $3ZnO$, $2H^2O$ (Zn 64 pour 100 et Cl 17 pour 100).

(5) GEUTHER, *Ann. der Chem.*, **107**, 1858, p. 214.

une ampoule scellée à l'intérieur du tube en Y, sans avoir subi le contact de l'air. Nous sommes donc conduits à schématiser la marche du phénomène par une des réactions suivantes :



$$CCl^4 + H^2O \rightleftharpoons COCl^2 + 2\,ClH \quad \text{et} \quad COCl^2 + Cu \rightarrow Cl^2Cu + CO,$$

ou

$$CCl^4 + H^2O \rightleftharpoons CO + Cl^2 + 2\,ClH \quad \text{et} \quad Cu + Cl^2 \rightarrow Cl^2Cu,$$

le chlorure cuivrique se transformant en chlorure cuivreux au contact du métal.

Cette hypothèse se trouve justifiée par l'analyse des gaz dégagés au cours de la réaction et recueillis grâce à un dispositif spécial. Dans une attaque faite à 50°, au bout de 250 heures on avait obtenu 15^{cm^3} de gaz (non condensables à — 80°) contenant 91,9 pour 100 d'oxyde de carbone et dans une expérience conduite à froid, au bout de trois mois et demi, on recueillait $1^{cm^3},9$ de gaz avec 72 pour 100 d'oxyde de carbone.

Nous publierons ultérieurement les résultats obtenus avec d'autres métaux et des solvants halogénés différents.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Oxydation de l'hydroquinone par l'air en présence de sulfite de n-butylammonium.* Note de Mlle **Yvonne Garreau**, présentée par M. Georges Urbain.

L'étude de l'oxydation de l'hydroquinone en présence de sulfite d'ammonium, de monométhylammonium ou de cyclo-hexylammonium a fait l'objet de plusieurs publications (¹).

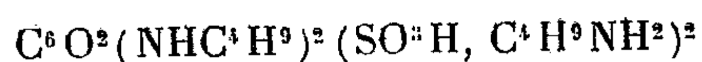
Utilisant cette fois comme amine, la *n*-butylamine, j'ai obtenu des produits différents, selon que la concentration en hydroquinone est de 1/5 ou de 1/2 mol-g par litre. Ces produits sont, dans les deux cas, des composés monosulfonés et disulfonés analogues à ceux que j'ai déjà signalés pour les autres amines employées.

I. *Composés monosulfonés.* — J'appellerai provisoirement α et β-2,5-dibutylamino-1,4-quinone-monosulfonate de butylammonium, deux composés monosulfonés isomères obtenus respectivement à partir de la solution la moins et la plus concentrée en hydroquinone. Je les obtiens encore par

(¹) Mlle Yvonne Garreau, *Bull. Soc. Chim.*, 5e série, **1**, 1934, p. 1563; *Comptes rendus*, **201**, 1935, p. 1515; **202**, 1936, p. 1186; **203**, 1936, p. 1073; **204**, 1937, p. 692.

oxydation de l'acide hydroquinone-monosulfonique en présence de *n*-butylamine. Les produits α et β ont la même composition centésimale; traités par la potasse, ils perdent leur azote pour donner une même combinaison : le 2,5-dioxy-1,4-quinone-monosulfonate de potassium. Le composé α est soluble dans l'acétone; en milieu chlorhydrique étendu, il est hydrolysé presque instantanément en SO^4H^2 et 2,5-di-*n*-butylamino-1-4-quinone. Son isomère β, au contraire, est insoluble dans l'acétone, et, traité par HCl à froid, ne subit pas d'hydrolyse, mais donne seulement l'acide correspondant. L'action prolongée de HCl à l'ébullition ne libère pas non plus de SO^4H^2. Je ne puis encore préciser la nature de l'isomérie de ces deux combinaisons.

II. *Composés disulfonés.* — Lorsque la concentration en hydroquinone est de 1/5 de mol-g par litre, j'ai pu isoler le 2,5-dibutylamino-1,4-quinone-3,6-disulfonate de butylammonium



$$C^6O^2(NHC^4H^9)^2(SO^3H, C^4H^9NH^2)^2$$

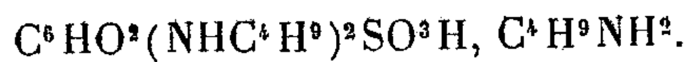
analogue au composé obtenu avec la cyclohexylamine; en milieu chlorhydrique, il perd ses deux groupements sulfonés et en présence de KOH à chaud, il donne un précipité jaune de 2,5-dioxy-1,4-quinone-3,6-disulfonate de potassium. Je l'ai encore obtenu par oxydation de l'acide hydroquinone-2,5-disulfonique en présence de *n*-butylamine sans (SO^3—).

Avec une concentration de 1/2 mol-g par litre en hydroquinone, c'est un sel de butylammonium de l'acide 2,5-dioxy-1,4-quinone-3,6-disulfonique de Pinnow que j'ai isolé. Il est possible d'ailleurs que ce produit provienne de la décomposition du précédent au cours d'un séjour prolongé en milieu alcalin.

Technique. — Une solution contenant : butylamine 236g, SO^2 65g, hydroxyde de cuivre 4g,5, eau q. s. p. 1 litre; additionnée de 22g (1/5 mol-g) ou bien de 55g (1/2 mol-g) d'hydroquinone est placée sur la machine à agiter.

A. *Faible concentration en hydroquinone.*

α-2,5-*dibutylamino*-1,4-*quinone-monosulfonate de butylammonium*

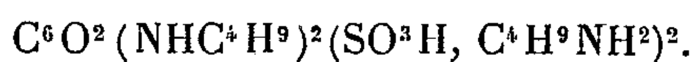


$$C^6HO^2(NHC^4H^9)^2SO^3H, C^4H^9NH^2.$$

Après 8 jours d'agitation le précipité rouge clair formé est filtré et recristallisé dans l'alcool, puis l'acétone. Les cristaux alors obtenus sont peu solubles dans l'eau, solubles dans l'alcool, très solubles dans l'acétone à chaud, beaucoup moins à froid. F (instantané) 150° environ.

Analyse. C °/₀ 51,32; H °/₀ 8,32; N °/₀ 10,18; S °/₀ 7,62 (calculé pour $C^{18}H^{35}O^{6}N^{3}S$, C °/₀ 51,25; H °/₀ 8,36; N °/₀ 9,97; S °/₀ 7,61).

2.5-*dibutylamino*-1,4-*quinone*-3,6-*disulfonate de butylammonium*



$$C^{6}O^{2}(NHC^{4}H^{9})^{2}(SO^{3}H, C^{4}H^{9}NH^{2})^{2}.$$

Le filtrat est remis sur la machine à agiter. Après 15 jours les nouveaux cristaux formés sont essorés et recristallisés dans l'alcool. Ils se présentent sous forme d'aiguilles rouge orangé F = 200-205°, solubles dans l'eau, l'alcool méthylique, l'alcool éthylique, l'acétone, insolubles dans l'éther.

Analyse. C °/₀ 47,90; H °/₀ 8,22; N °/₀ 9,94; S °/₀ 11,69 (Calculé pour $C^{22}H^{44}O^{8}N^{4}S^{2}$, C °/₀ 47,43; H °/₀ 7,96; N °/₀ 10,07; S °/₀ 11,52).

B. *Forte concentration en hydroquinone.*

Sel de butylammonium de l'acide 2,5-*dioxy*-1,4-*quinone*-3,6-*disulfonique*



$$C^{6}O^{2}(OH, C^{4}H^{9}NH^{2})2(SO^{3}H, C^{4}H^{9}NH^{2})^{2} + 2H^{2}O.$$

Après 3 semaines d'agitation il ne s'est pas formé de précipité. La solution est étendue à 3 litres avec de l'eau distillée, des résines se déposent. Après un certain temps le liquide clair est décanté, puis concentré dans le vide à consistance sirupeuse. Ce sirop est repris par l'alcool absolu, des cristaux jaunes de 2,5-dioxy-1,4-quinone-3,6-disulfonate de butylammonium se déposent, qui sont recristallisés dans un mélange d'eau et d'alcool. Ils sont très solubles dans l'eau, solubles dans l'alcool méthylique chaud, insolubles dans l'alcool éthylique même chaud, insolubles dans l'acétone et l'éther, F 220-225°.

Analyse. C °/₀ 41,93; H °/₀ 8,44; N °/₀ 8,89; S °/₀ 10,59. (Calculé pour $C^{22}H^{52}O^{12}N^{4}S^{2}$, C °/₀ 42,0; H °/₀ 8,33; N °/₀ 8,91; S °/₀ 10,20).

β-2,5 *dibutylamino*-1,4-*quinone monosulfonate de butylammonium*



$$C^{6}HO^{2}(NHC^{4}H^{9})^{2}SO^{3}H, C^{4}H^{9}NH^{2} + H^{2}O.$$

Par concentration de la solution alcoolique précédente, des cristaux rouges se déposent lentement; recristallisés dans l'eau ils apparaissent sous forme de plaques, F 215° env., solubles dans l'eau, solubles dans l'alcool méthylique, insolubles dans l'alcool éthylique froid, solubles à chaud, insolubles dans l'acétone et l'éther.

Analyse du produit hydraté. Eau de cristallisation °/₀ 4,21; C °/₀ 51,02; H °/₀ 8,46, N °/₀ 9,73; S °/₀ 7,93. (Calculé pour $C^{18}H^{35}O^{6}N^{3}S$, eau de cristallisation °/₀ 4,27; C °/₀ 51,25; H °/₀ 8,36; N °/₀ 9,97; S °/₀ 7,61).

CRISTALLOGRAPHIE. — *Sur la structure de l'azoture de cadmium.* Note de M. **Marc Bassière.**

Du fait de la sensibilité explosive très élevée de l'azoture de cadmium, la connaissance de sa structure présente un grand intérêt, qui avait motivé ce travail.

Le procédé de préparation indiqué par Birkenbach (¹) comme donnant un produit extrêmement pur et très sensible, ne peut être utilisé à la production de cristaux relativement grands, non plus que celui, plus simple, qui consiste à saturer une suspension fraîche d'hydroxyde de cadmium dans l'eau par un courant d'acide azothydrique. On peut obtenir des cristaux de dimensions de l'ordre du millimètre par le procédé suivant. Lorsqu'on mélange des solutions de nitrate de cadmium et d'azoture de sodium en proportions stœchiométriques, la liqueur devient jaune, par formation vraisemblable d'un complexe, et ne commence à précipiter qu'au bout d'un temps assez long, de l'ordre de l'heure. Une fraction seulement de la quantité théorique d'azoture se sépare ainsi, même au bout de 48 heures. La solution filtrée laisse déposer, par évaporation sur le vide sulfurique, des cristaux d'azoture de cadmium.

Ainsi préparé, ce produit est extrêmement sensible; il explose fréquemment par friction ou même spontanément lors de la formation, comme cela a lieu aussi pour l'azoture de plomb. L'analyse de ces cristaux donne : $Cd = 0{,}5715$ au lieu de $0{,}5714$ et $N = 0{,}4273$ au lieu de $0{,}4277$. L'accord analytique dépasse la précision des mesures et ceci confirme l'observation de Birkenbach que l'azoture de cadmium n'est sensible que quand il est très pur.

Les cristaux obtenus sont blancs, légèrement jaunâtres, orthorhombiques, limités principalement par des faces 001 et 111. Leur étude aux rayons X, par la méthode de cristal tournant, donne pour les paramètres les valeurs

$$a = 7{,}82 \pm 0{,}02\,\text{Å},\qquad b = 6{,}46 \pm 0{,}03\,\text{Å},\qquad c = 16{,}04 \pm 0{,}08\,\text{Å}.$$

La maille contient 8 molécules, ce qui conduit à une densité calculée de $3{,}20 \pm 0{,}04$, en bon accord avec celle mesurée dans le benzène : 3,24 à 20°C.

(¹) Z. Birkenbach, *Z. anorg. Chem.*, **214**, 1933, p. 94-96.

Les réflexions *hkl* sont toutes présentes, les seules disparitions étant *h*o*l* pour *l* impair, o*kl* pour *k* impair et *hk*o pour *h* impair. Ceci conduit sans ambiguïté au groupe de symétrie D_{2h}^{15}(P*bca*). Des essais répétés n'ont conduit à aucun résultat satisfaisant quant aux positions atomiques dans le réseau. Ceci provient de ce que tous les atomes sont en position générale, nécessitant la détermination de 21 paramètres, rendue très difficile par le fait que l'influence de 1 Cd sur le facteur de structure est du même ordre de grandeur que celle des 6N.

GÉOLOGIE. — *Les formations géologiques de la Guinée portugaise.* Note (1) de MM. **J. Malavoy** et **F. Jacquet.**

Rien n'a été publié en langue française sur la géologie de la Guinée portugaise qu'une Note de Hubert (2) sur la répartition probable des terrains dans cette colonie : série récente, tertiaire et post-tertiaire à l'Ouest ; série ancienne, primaire, au Sud et à l'Est. Au cours d'une tournée rapide, en juillet 1934, entreprise grâce à la grande obligeance des autorités portugaises, nous avons fait, nous-mêmes, diverses observations sur la nature des terrains, sur leurs contacts et sur leurs pendages. Nos remarques confirment les idées acquises sur la série récente, mais elles nous amènent à préciser et à modifier l'opinion de Hubert sur les formations anciennes.

La série récente, grès argileux d'âge indéterminé, s'étend vers le Sud jusqu'au Rio Tombali et vers l'Est jusqu'à la rive droite du Rio Géba où affleurent les formations anciennes. A mesure que l'on se rapproche de ces dernières, le pays s'élève graduellement. Le ruissellement a découpé un réseau de vallées plus important que celui des régions du Sénégal, de même nature et également éloignées de la côte. Les dénivellations, qui ne sont masquées par aucun apport sableux, atteignent et dépassent 30^{m} ; elles sont surtout importantes au contact des terrains anciens. Malgré cette érosion les affleurements sont exceptionnels, les alluvions fluviatiles d'une part, et d'autre part les altérations superficielles, latéritisation ou ferruginisation sur place, argiles sableuses rouges formées par remaniement, masquent les grès argileux, immédiatement sous-jacents.

(1) Séance du 23 décembre 1935.

(2) *Annuaire du Comité d'études historiques et scientifiques de l'A. O. F.*, 1917, p. 41-44, Carte schématique.

La similitude de ces formations avec celles de Mauritanie, du Sénégal et de Casamance se vérifie par les puits. Comme dans ces pays, la série est coupée de lits plus argileux, parfois de véritables kaolins, qui précisent l'horizontalité de couches et déterminent des niveaux d'eaux locaux. Sous ces grès, Hubert signalait déjà en 1917 les calcaires de la plage de Bissao. Ce sont des marno-calcaires jaunâtres altérés, riches en coquilles de Lamellibranches; nous les avons observés, mieux encore, dans l'île du Roi (Ilheu do Rei) en face de Bissao. Sur les côtes de cette petite île, la falaise atteint par endroits $4^m,50$; elle présente, sous $0^m,30$ de terre végétale, une épaisseur de 4^m de latérite gréseuse, qui surmontent $0^m,20$ d'un calcaire coquillier à huîtres, Pecten, autres lamellibranches, gastropodes et polypiers. Ces calcaires paraissent être les mêmes que ceux de Popenguine et de N'Gazobil (Sénégal); l'un de nous les a retrouvés plus au Sud, à Toubacouta; on les considère comme éocènes. Leur extension doit être sensiblement pareille à celle des grès argileux qui les cachent. Le passage des calcaires aux grès se fait par des argiles feuilletées déterminant un niveau d'eau important et facilement accessible aux puits de la région, d'ailleurs bien arrosée.

La série ancienne est représentée par des grès siliceux passant latéralement à des quartzites et surmontant en concordance, au moins apparente, des schistes traversés d'intrusions de dolérite. Ces formations, toujours très érodées sont recouvertes d'alluvions; c'est la zone de contact avec la série récente qui présente les reliefs les plus nets, mais c'est également la plus latéritisée. Sa limite occidentale suit sensiblement les vallées du Rio Geba et du Rio Tombali. A l'Est, la série se continue par les formations gréseuses et montagneuses du Fouta-Djallon.

Dans la région du Rio Geba, à Contubo, Bafata, et à Chitoli et Lambessé (chute du Rio Corôbal), ces formations sont subhorizontales; plus près de la Guinée française, à 30^{km} au sud-est de Gabù, les mêmes grès très quartzeux sont redressés jusqu'à 40 et même 45° vers le Sud-Ouest. A Kandiadude, une arête de ces grès, haute de 6 à 8^m, se dresse brusquement au-dessus des alluvions. A l'Ouest de cette arête, s'observent de rares latéritisations superficielles, mais à l'Est, de nombreuses bandes gréseuses de même direction NW et de pendage comparable se rencontrent successivement. La nappe phréatique alimente abondamment des puits de 2 à 3^m qui atteignent la zone latéritisée.

Les roches éruptives (dolérites) paraissent surtout fréquentes en bordure occidentale des formations anciennes. Elles sont intrusives à travers les

schistes, comme à Bafata ou à travers les altérations de ces schistes comme à Chitoli.

Ces observations rapides montrent qu'il n'existe pas de zone métamorphique traversant obliquement la Guinée portugaise. Les formations tertiaires ou plus récentes de ce pays reposent directement à l'Est sur des grès silicifiés ou sur des schistes localement métamorphisés.

GÉOLOGIE. — *Étude de brèches sous-marines à éléments dolomitiques dans le Trias dolomitique des Carpathes Orientales.* Note de Mlle **Marguerite Frollo**, présentée par M. Lucien Cayeux.

Le Trias dans les Carpathes Orientales, est représenté par une série de dolomies marines, d'origine épigénique, d'une épaisseur de 50 à 150^m, offrant toutes les transitions entre des calcaires cryptocristallins et des dolomies typiques, en passant par des calcaires dolomitiques et des dolomies calcarifères.

Dans la vallée du Bicaz, cette série dolomitique renferme plusieurs niveaux de brèches sédimentaires. Ce sont des roches cohérentes, formées d'éléments irréguliers, anguleux, de taille variant de quelques millimètres à 1^{cm}, de couleur grise de nuances très variées, gris clair, gris foncé, presque noir, et cimentés par une gangue légèrement imprégnée d'oxyde de fer.

La structure microscopique de ces brèches est particulièrement instructive. Les matériaux constituants n'ont subi aucun classement, si bien qu'une même plaque mince renferme des fragments de $0^{mm},1$ à plusieurs millimètres, ce qui tend à prouver qu'ils n'ont pas été entraînés bien loin de leur lieu d'origine.

Ces éléments, quoique polygènes, présentent entre eux un air de famille très prononcé. Ce sont des morceaux de roches calcaires, plus ou moins dolomitisées, et des fragments de dolomies pures, tous étroitement apparentés aux roches du complexe dolomitique. En d'autres termes, *ces brèches sont formées d'éléments empruntés à la série même qui les renferme, et à l'exclusion absolue de tout élément étranger à cette série.* Par exemple, on n'observe pas le moindre débris de quartz détritique ou d'éléments empruntés au terrain cristallophyllien, qui ont si largement contribué à la formation des poudingues de la base et du sommet de ces formations triasiques.

La gangue présente une constitution analogue à celle des éléments

qu'elle cimente. On y trouve le même calcaire cryptocristallin très pur ou en partie dolomitisé, sauf à dire qu'il a été légèrement imprégné d'oxyde de fer.

Cette parenté si étroite entre la gangue et les éléments qu'elle cimente, à l'exclusion complète de matériaux venant de la terre ferme, ne peut s'expliquer que par un *remaniement sous-marin* qui brassait des morceaux de sédiments plus ou moins consolidés en des points où la sédimentation normale suivait son cours.

Ceci dit, le fait que les éléments *étaient déjà dolomitisés*, lors de leur remaniement et de leur mise en place, démontre deux choses également instructives concernant le problème de la dolomitisation : *la dolomitisation des calcaires marins du Trias des Carpathes Orientales a été un phénomène sous-marin, et cette dolomitisation a suivi de très près la sédimentation.*

PHYSIQUE DU GLOBE. — *Sur des variations périodiques des longitudes.* Note de M. **Nicolas Stoyko**, présentée par M. Ernest Esclangon.

La comparaison annuelle des services horaires d'observatoires montre dans les résultats enregistrés des changements notables d'une année à l'autre. Ces changements peuvent provenir

1° des erreurs systématiques dans la réception des signaux;

2° des erreurs systématiques dans la détermination de l'heure;

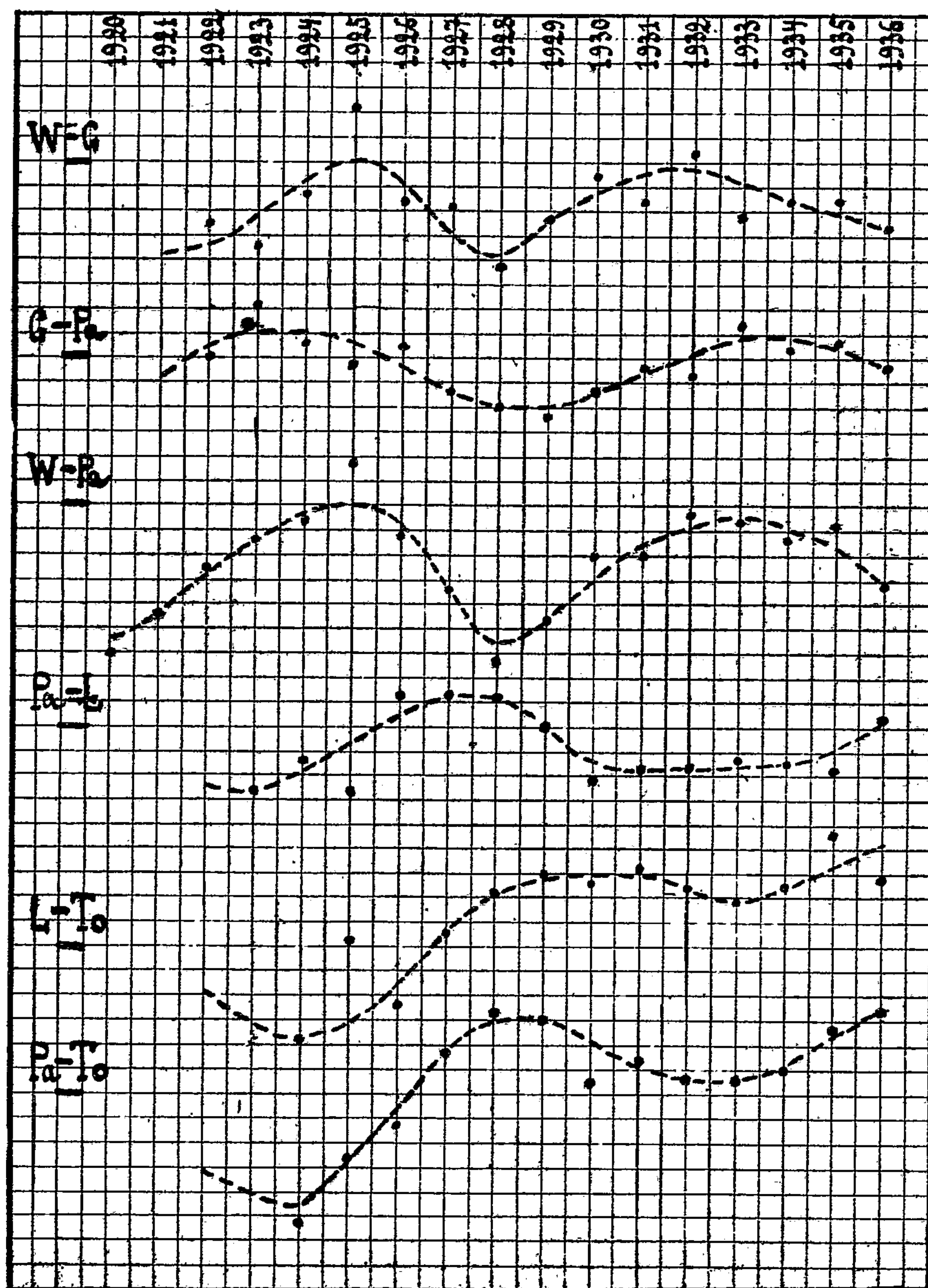
3° des variations des longitudes elles-mêmes.

Comme les erreurs systématiques annuelles dans la réception des signaux des observatoires étudiés sont de l'ordre de un à deux millièmes de seconde, leurs variations sont négligeables.

Les variations annuelles des erreurs systématiques dans la détermination de l'heure représentent une partie faible par rapport aux variations globales des longitudes : à Paris en 1934-1936 la fraction est de $0^s,002$ à $0^s,008$, à Washington en 1923-1926 elle est de l'ordre de $0^s,0034$ à $0^s,0140$. On peut donc considérer que, dans la variation annuelle des résultats des services horaires, la partie principale appartient à la variation des longitudes.

Nous avons étudié pour une période de 17 ans les variations relatives des longitudes des observatoires : 1° Greenwich (G), 2° Leningrad et Poulkovo (L), 3° Paris (Pa), 4° Tokyo (To) et 5° Washington (W). Les résultats sont rapportés sur un graphique à l'échelle de 3^{mm} par $0^s,01$.

Les courbes montrent les variations périodiques des longitudes et l'absence de terme séculaire, sauf Tokyo, qui du reste n'est qu'apparent,



provient de ce que l'année 1924 (début du service à To) correspond au minimum pour L-To et Pa-To.

La pente montante des courbes indique l'augmentation, en valeur absolue, de la différence des longitudes. Nous avons ainsi une augmentation de la différence des longitudes entre W et Pa, de 1920 à 1925 et de 1928 à 1933. Pendant les autres périodes, il y a une diminution de la différence des longitudes. L'amplitude de ces variations est de $0^s,065$.

Pour W-G et G-Pa les variations sont de même sens, mais avec des amplitudes plus faibles : $0^s,038$ et $0^s,030$. Pour Pa-L, L-To et Pa-To, les variations sont de sens opposé.

La comparaison des variations des longitudes avec l'activité solaire montre que la courbe d'activité du Soleil ou son inverse, sont parallèles aux courbes de Pa-To et W-Pa. De 1927 à 1936, ces courbes coïncident presque. Au maximum d'activité solaire correspond un maximum de Pa-To et un minimum de la courbe W-Pa.

L'étude d'une corrélation entre les variations annuelles d'activité du Soleil et les variations des longitudes montre qu'à une grande variation d'activité solaire correspond une grande variation des longitudes. A la variation maximum d'activité du Soleil correspond une variation des longitudes de l'ordre de $0^s,016$ et à la variation minimum d'activité correspond une variation des longitudes de l'ordre de $0^s,011$.

Si les variations des longitudes proviennent des pulsations de la Terre, considérée comme un corps élastique, il suffit d'un changement de $1^m,6$ dans l'un ou l'autre sens dans le rayon du parallèle de 45° de latitude pour expliquer ces changements. Au maximum d'activité du Soleil, le grand axe d'ellipse correspondant au parallèle de 45° sera entre Pa et To et en cas de minimum d'activité il sera entre W et Pa.

Si les variations périodiques des longitudes proviennent des contractions et des dilatations de la surface de la Terre, il suffit, pour l'explication, de déplacements de 11^m au maximum, par rapport à la position moyenne.

ANATOMIE VÉGÉTALE. — *De la présence de trachéides dans le bois alterne de la radicule des Conifères.* Note (¹) de M. **Édouard Boureau**, présentée par M. Alexandre Guilliermond.

Les trachéides à ponctuations aréolées sont connues depuis longtemps comme éléments constitutifs prédominants du bois secondaire des Conifères.

(¹) Séance du 19 mai 1937.

Par contre, de semblables trachéides n'ont jamais été signalées jusqu'à présent dans le bois primaire des racines d'aucune espèce de cette famille. Les anatomistes ont toujours considéré le bois primaire des Conifères comme identique à celui des Angiospermes; ce dernier se compose de files d'éléments vasculaires, les plus externes annelés ou spiralés, les plus internes réticulés ou ponctués.

En étudiant un faisceau alterne d'une jeune racine de *Pinus insignis* Dougl., avant la différenciation des vaisseaux intermédiaires, nous avons constaté la présence de vaisseaux spiralés dans la partie la plus externe, tandis que la portion interne se compose de trachéides à ponctuations

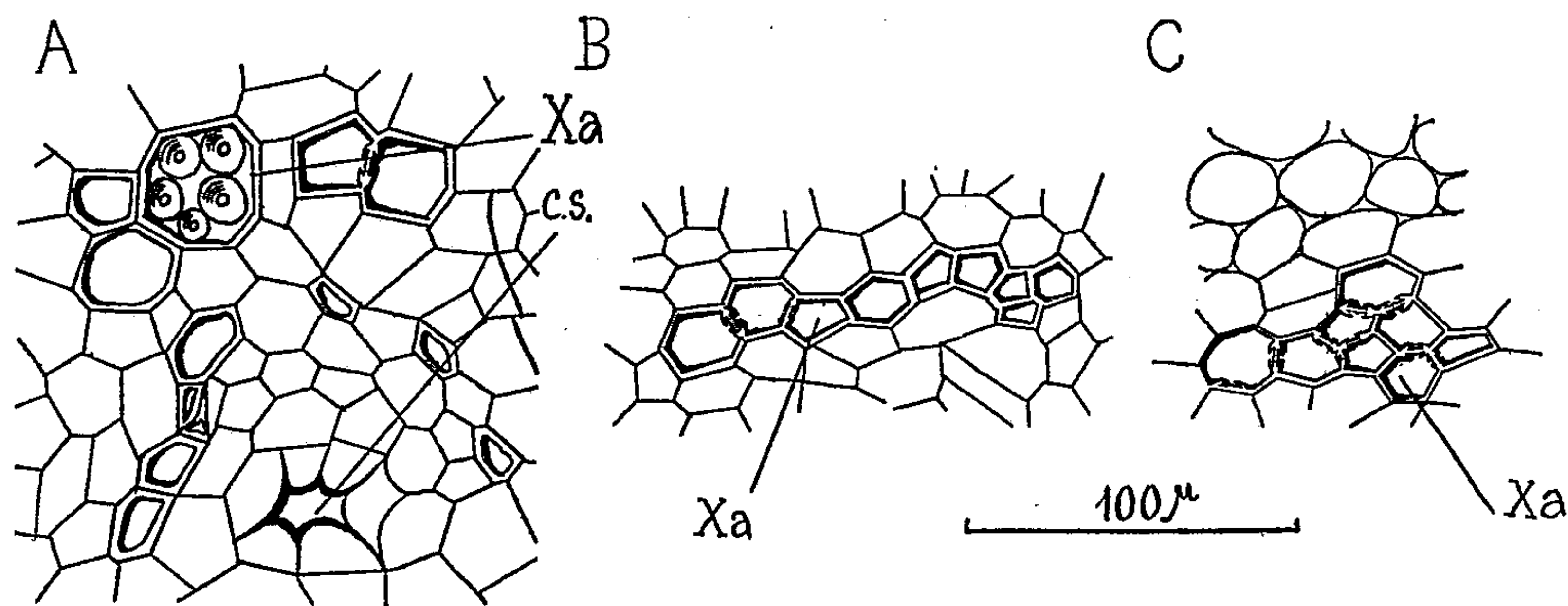


Fig. A. *Pinus Australis.* Portion de coupe transversale de la racine C. S. : canal sécréteur; Xa, vaisseau de xylème alterne montrant sur une cloison presque horizontale 5 ponctuations aréolées. — Fig. B. *Cedrus Libani.* Portion de coupe transversale de la racine Xa, faisceau de xylème alterne montrant dans la partie la plus interne les ponctuations aréolées. — Fig. C. *Araucaria Imbricata.* Portion de coupe transversale d'une très jeune racine. Xa, xylème alterne constitué uniquement de trachéides à ponctuations aréolées.

aréolées. Comme les vaisseaux spiralés, ces trachéides proviennent directement de la transformation, sur place, de cellules parenchymateuses; leur calibre augmente assez sensiblement dans le sens centripète; on observe en même temps, une augmentation progressive du diamètre des ponctuations aréolées : ce dernier est de 10^{μ} pour les ponctuations des trachéides qui avoisinent les vaisseaux spiralés, tandis qu'il atteint 17^{μ} dans les trachéides les plus internes.

Le bois primaire centripète présente une organisation semblable chez trois autres espèces de *Pinus*, *Pinus edulis* Engelm., *Pinus longifolia* Roxb. et *Pinus australis* Mich.

L'étude de jeunes racines de *Cedrus libani* Barrel, nous a permis de mettre en évidence une évolution à peu près identique : avant tout cloison-

nement de l'assise génératrice, nous observons des files de huit à neuf vaisseaux alternes; les quatre plus externes sont spiralés, les autres sont de véritables trachéides à ponctuations aréolées. Tandis que les ponctuations des *Pinus* sont circulaires, celles des *Cedrus* se montrent de forme elliptique ($22^\mu \times 13^\mu$). De plus, contrairement à ce qu'on observe chez le *Pinus*, le calibre des trachéides d'une même file reste le même.

Les jeunes racines de l'*Araucaria imbricata* Pav. nous révèlent un caractère plus curieux encore : l'absence de vaisseaux spiralés dans les faisceaux de bois centripète, ces derniers étant constitués de trachéides à ponctuations aréolées. Le calibre des trachéides d'une même file reste sensiblement le même à l'extérieur comme à l'intérieur.

La présence de trachéides à ponctuations aréolées dans le bois primaire alterne des Conifères constitue un caractère important non signalé jusqu'à présent. En recherchant ce même caractère dans d'autres genres, nous pourrons peut-être établir de nouveaux liens dans la phylogénie des Gymnospermes.

CHIMIE VÉGÉTALE. — *Sur la constitution du scoparoside* (*scoparine*) *du* Sarothamnus scoparius *Koch*. Note de MM. **Marcel Mascré** et **René Paris**, présentée par Maurice Javillier.

Nous avons décrit (1) un nouveau procédé de préparation de la scoparine, qui nous a permis d'obtenir un produit parfaitement défini, de formule $C^{22}H^{22}O^{11}, 2\,OH^2$, que nous considérons comme un hétéroside, auquel il convient de donner le nom de scoparoside.

Jusqu'ici, Perkin seul avait admis la nature glucosidique de la scoparine. Tous les autres auteurs qui l'ont étudiée la considèrent comme un dérivé flavonique, non glucosidique, possédant un méthoxyle et sept oxhydriles. Les expériences suivantes nous ont permis d'élucider, de façon plus approfondie, la nature du principe étudié.

I. En soumettant la scoparine à l'ébullition avec la potasse aqueuse à 10 pour 100, pendant six heures, nous avons obtenu l'acétovanillone (caractérisée par son PF : 114-115°, par le PF de son hydrazone : 125°, par la formation d'acide protocatéchique par fusion alcaline).

Des produits de la fusion alcaline, nous avons isolé et caractérisé l'acide

(1) *Comptes rendus*, 204, 1937, p. 1270.

protocatéchique, des traces d'acide vanillique et un principe donnant les réactions colorées du phloroglucinol.

Ces résultats, d'accord avec ceux de Hlasiwetz ([2]), de Goldschmidt et Hemmelmayr ([3]), de Perkin ([4]) confirment l'existence, dans la scoparine, d'un noyau flavonique.

II. Perkin admettait, en se basant sur la formule de la scoparine et sur l'existence, à côté d'un groupement flavonique, de six atomes de carbone de nature inconnue, que la scoparine était un glucoside stable constitué par un hexose combiné à un éther méthylique de la lutéoline. Il n'apportait, à l'appui de cette conception, aucune preuve expérimentale. Les divers auteurs qui, après Perkin, ont repris l'étude de la scoparine n'ont pu, après action des acides dilués à l'ébullition, caractériser de glucide; ils en concluent que la scoparine n'est pas un glucoside.

Nous avons soumis la scoparine à l'action des acides dilués dans des conditions variables, modifiant la concentration de l'acide, la durée de l'ébullition, la température de la réaction, opérant en milieu aqueux ou alcoolique. Les liqueurs obtenues cèdent à l'éther une petite quantité de matière colorante de nature flavonique; elles ont un pouvoir réducteur un peu plus élevé que celui des liqueurs initiales; elles donnent avec la phénylhydrazine une osazone, mais en trop petite quantité pour que celle-ci ait pu être identifiée.

Ayant remarqué, au cours de l'hydrolyse sulfurique, l'apparition d'une odeur de méthylfurfurol, nous avons pu caractériser celui-ci et, d'autre part, obtenir sur le liquide d'hydrolyse les réactions colorées du rhamnose.

Nous avons alors tenté l'hydrolyse fermentaire de la scoparine. L'émulsine des amandes n'agit pas; mais nous avons obtenu un dédoublement après contact d'un mois avec la rhamnodiastase du *Rhamnus utilis* ou la poudre fermentaire de fleurs de Genêt. Le pouvoir réducteur des liqueurs est environ quatre fois plus marqué que celui des liqueurs témoins. Après neutralisation, on obtient, avec la phénylhydrazine, une osazone cristallisée en oursins, dont les solubilités sont celles de la rhamnosazone et le PF très voisin. Cependant nous n'avons pu jusqu'ici extraire le rhamnose à l'état cristallisé.

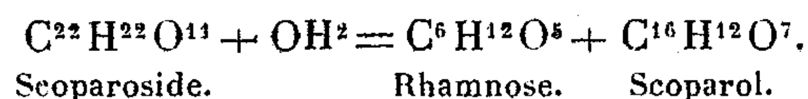
Il y a donc eu dédoublement de la scoparine, avec libération d'un

---

([2]) *Ann. der Chem. und Pharm.*, 138, 1866, p. 190.
([3]) *Monatsh. für Chem.*, 14, 1893, p. 202 et 15, 1894, p. 316.
([4]) *Proceed. Chem. Soc.*, 15, 1899, p. 123.

glucide qui paraît bien être le rhamnose; ce dédoublement est lent et incomplet; la proportion de rhamnose libérée est de 10 pour 100 environ (une hydrolyse complète en donnerait environ 30 pour 100).

Les liqueurs provenant de l'hydrolyse fermentaire cèdent à l'éther un principe flavonique, que nous n'avons pu encore obtenir cristallisé, et pour lequel nous proposons le nom de *scoparol*. La formule de dédoublement de la scoparine, d'après nos expériences, serait



$$\underset{\text{Scoparoside.}}{C^{22}H^{22}O^{11}} + OH^{2} = \underset{\text{Rhamnose.}}{C^{6}H^{12}O^{5}} + \underset{\text{Scoparol.}}{C^{16}H^{12}O^{7}}.$$

Tandis que Perkin, attribuant à la partie flavonique la formule $C^{16}H^{12}O^{6}$, en faisait un éther méthylique de la lutéoline, nous sommes amenés à la considérer comme un éther méthylique du quercétol. Le spectre d'absorption dans l'ultraviolet d'une solution alcoolique diluée de scoparol est d'ailleurs très voisin de celui du quercétol.

Cette hypothèse est d'accord avec les résultats donnés par la fusion alcaline. Elle éclaire certaines propriétés encore inexpliquées de la scoparine. Elle concorde, en particulier, avec les résultats de Hercig et Tiring ([5]), qui ont obtenu une octométhylnorscoparine par la méthode de Purdie et Irving, méthode permettant, comme on le sait, la méthylation des oxhydriles alcooliques, en même temps que celle des oxhydriles phénoliques.

En résumé, la nature hétérosidique de la scoparine est définitivement établie. Le scoparoside est un hétéroside de formule $C^{22}H^{22}O^{11}$, difficilement hydrolysable en donnant une molécule de *rhamnose* et une molécule d'un dérivé flavonique (*scoparol*) qui est vraisemblablement un éther méthylique du quercétol.

EMBRYOGÉNIE VÉGÉTALE. — *Embryogénie des Plombagacées. Développement de l'embryon chez l'*Armeria plantaginea *Willd.* Note de M. **René Souèges**, présentée par M. Pierre-Augustin Dangeard.

C'est en faisant abstraction de la cellule basale du proembryon bicellulaire que l'on peut le mieux interpréter le mode de construction de l'embryon de l'*Armeria plantaginea*. Cette cellule basale contribue seulement à la production d'un très gros suspenseur; elle ne prend nulle part à l'édification de l'embryon proprement dit.

([5]) *Monatsh. f. Chem.*, 39, 1918, p. 253.

La cellule apicale (*ca, fig.* 1) se divise transversalement et donne deux éléments superposés, *cc* et *cd* (*fig.* 2 et 3); ceux-ci se partagent ensuite par des parois également transversales pour engendrer une série linéaire de quatre cellules plus ou moins aplaties (*l*, *l'*, *m* et *ci*, *fig.* 4 à 10). Chacun de ces quatre éléments se segmente verticalement en deux cellules juxtaposées (*fig.* 11 à 13). Plus tard, les deux dyades

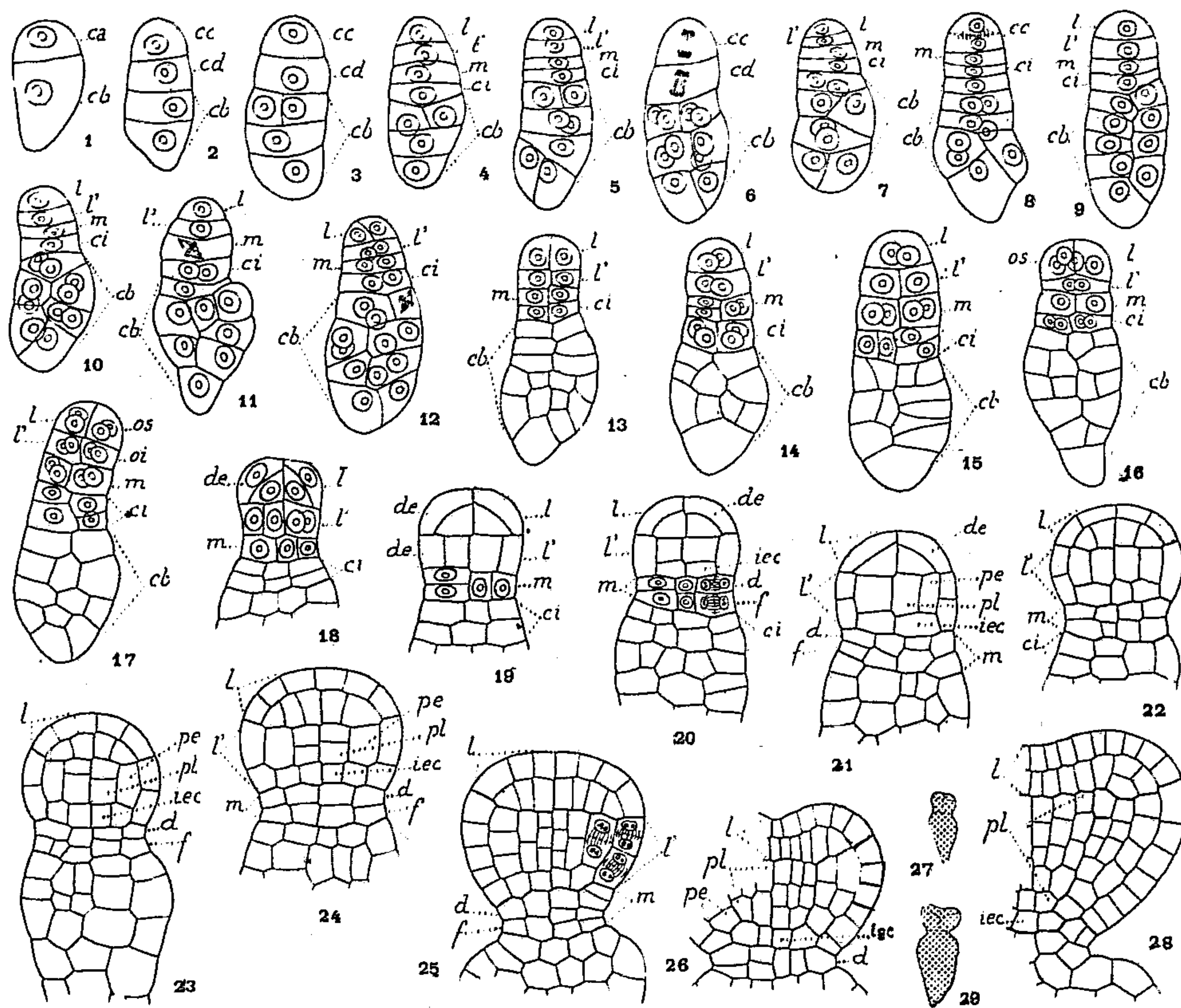


Fig. 1 à 29. — *Armeria plantaginea* Willd. — Les principaux termes du développement de l'embryon : *ca* et *cb*, cellule apicale et cellule basale en proembryon bicellulaire; *cc* et *cd*, cellules filles de *ca*; *l* et *l'* cellules filles de *cc* ou les deux éléments supérieurs de la tétrade; *m* et *ci*, cellules filles de *cd* ou les deux éléments inférieurs de la tétrade; *os* et *oi*, octants supérieurs et inférieurs; *d* et *f*, les deux étages dérivés de *m*; *de*, dermatogène; *pe*, périblème; *pl*, plérome; *iec*, initiales de l'écorce de la racine. En 27 et 29, formes embryonnaires d'où sont tirés les détails des figures 26 et 28. G. = 280; 30 pour 27 et 29.

des étages supérieurs, *l* et *l'*, se divisent par de nouvelles parois méridiennes pour donner quatre octants supérieurs et quatre octants inférieurs (*fig.* 16 et 17). Les deux dyades des étages *m* et *ci*, par cloisons méridiennes, produisent, de la même manière, quatre cellules circumaxiales; parfois cependant l'un ou l'autre des deux

éléments de ces deux dyades peut se segmenter transversalement (*m*, *fig.* 14; *ci*, *fig.* 15 et 17) avant de prendre des parois verticales.

Les quatre octants supérieurs, *l*, donnent naissance à la partie cotylée (*fig.* 18 à 26); en règle générale, le dermatogène se sépare directement à leurs dépens par cloisons tangentielles. Les quatre octants inférieurs, *l'*, produisent l'hypocotyle; ils se partagent d'abord par des cloisons verticales, vraisemblement périclines, qui séparent encore directement des éléments de dermatogène; puis, dans les quatre cellules intérieures, comme cela se produit chez les Tabacs, des cloisons transversales isolent deux éléments superposés : ceux du bas, plus aplatis, représentent les initiales de l'écorce de la racine (*iec*, *fig.* 20); ceux du haut, en se segmentant verticalement, engendrent les premiers éléments de périblème et de plérome (*pe* et *pl*, *fig.* 21).

Les cellules dérivées de *m* (*fig.* 13), par divisions transversales, font apparaître deux nouveaux étages embryonnaires *d* et *f* (*fig.* 14, 19 à 24). Ces deux étages occupent la portion la plus rétrécie du proembryon, reliant l'embryon proprement dit au suspenseur; l'un, *d*, contribue seul à la génération de la partie médiane de la coiffe, l'autre, *f*, prend part à la construction du suspenseur. Participent également à la construction du suspenseur, comme le démontrent les figures 18 à 27, tous les éléments qui tirent origine du blastomère primordial *ci* (*fig.* 4). Le suspenseur arrive à former un massif cellulaire de grandes dimensions (*fig.* 27 et 29). Il devient cordiforme et embrasse très étroitement l'extrémité radiculaire; c'est en raison de ce fait sans doute que la coiffe se développe en profondeur et prend une disposition rentrante assez singulière.

Si l'on ne tient aucun compte de la cellule basale, les lois du développement de l'embryon de l'*Armeria plantaginea* sont très étroitement comparables à celles qui ont été établies au sujet des Solanacées. Dans les deux cas, il se constitue une tétrade linéaire, puis, aux dépens des deux cellules supérieures de cette tétrade, des quadrants et des octants dont les processus de division et les destinées sont essentiellement semblables. La cellule subproximale, *m*, de la tétrade se divise encore dans les deux cas en deux étages *d* et *f*, *d* produisant la portion médiane de la coiffe, *f* entrant, avec la cellule proximale *ci*, dans la construction du suspenseur. Les différences dont on peut faire état sont secondaires; elles résident dans la juxtaposition des premiers éléments issus de *m* et de *ci*, surtout dans la formation d'un très gros suspenseur et dans la disposition rentrante de la coiffe qui semble en être la conséquence [1].

---

(1) K. V. O. Dahlgren, en 1916 (*Kungl. Svenska Vetenskapsak. Hangl.*, 56, p. 65), sans suivre rigoureusement la marche de la segmentation, a représenté quelques formes embryonnaires de *Plumbagella micrantha*, *Plumbago zeylanica*, *Statice bahusiensis* et *Armeria vulgaris*.

PHYSIOLOGIE. — *L'action des nerfs vaso-dilatateurs se réduit-elle à une libération d'acétylcholine?* Note de MM. **André Tournade** et **Marc Chevillot**, présentée par M. Louis Lapicque.

On sait la faveur dont jouit actuellement la notion d'une transmission chimique de l'excitation nerveuse introduite en physiologie par O. Loewi, développée par Cannon et Bacq et adoptée enfin par Dale qui a proposé de distinguer les nerfs végétatifs en *adrénergiques* et *cholinergiques* (¹).

Cependant les phénomènes vasculaires qu'entraîne l'excitation des vasomoteurs ne s'identifient pas *dans tous les cas* avec ceux qu'engendrent de leur côté les injections intravasculaires d'adrénaline ou d'acétylcholine à dose minime. Aux exemples déjà connus de la divergence d'effet des deux agressions nerveuse et chimique nous ajouterons le suivant :

Expérience du 6 janvier 1937. — Le rein gauche du chien I (♂ 20^{kg}) est irrigué par les vaisseaux cervicaux du congénère P (♂ 10^{kg}) selon notre technique habituelle. Les deux animaux ont été anesthésiés au chloralose. Le nerf de Hering droit de I est préparé pour subir la faradisation à point nommé.

1° On vérifie à 18^h23^m, 18^h25^m, 18^h27^m que l'excitation de ce nerf provoque bien, non seulement de la cardio-modération et de l'hypotension, mais une vaso-dilatation franche du rein irrigué. L'injection de 1/20ᵉ de milligramme d'acétylcholine dans l'artère du même organe suscite une réaction locale identique à celle constatée dans l'épreuve précédente, sans influer de façon appréciable sur la pression du perfuseur P.

2° Puis le chien P, à 18^h50^m, reçoit 10^{mg} d'atropine en injection intraveineuse (soit 1^{mg} par kilogramme).

3° A 18^h57^m on constate que la faradisation du nerf de Hering droit de I détermine toujours de la vaso-dilatation du rein irrigué. Cependant à 19^h l'injection d'acétylcholine (à la dose encore de 1/20ᵉ de milligramme) directement dans l'artère émulgente engendre de la vaso-constriction très accusée, fait que nos expériences antérieures nous laissaient prévoir (²).

La dose d'atropine administrée au perfuseur P peut être doublée sans que ces résultats soient modifiés.

4° A 19^h28, on pousse dans l'artère qui se rend à la glande irriguée un demi-milligramme d'ergotamine (gynergène Sandoz) en une minute. Contraction de l'organe, élévation de la pression générale chez P de 5^{cm}Hg.

(¹) Nous renvoyons pour la bibliographie de la question aux *Rapports sur les excitants et paralysants dans le domaine du système autonome* présentés par Z. M. Bacq et par L. Lapicque à l'Association des Physiologistes, 8ᵉ réunion, Nancy, 23-27 mai 1934, (*Ann. de Physiol. et de Physicochimie biol.*, 1934, 10, p. 467-553 et 555-582.)

(²) A. Tournade et M. Chevillot, *C. R. Soc. Biol.*, 124, 1937, p. 204.

5° Puis on a recours aux mêmes épreuves que précédemment : à 19h36 et 19h57, la faradisation du nerf de Hering reste inopérante, comme nous l'avions déjà observé (3). Mais l'injection d'acétylcholine entraîne de la vaso-dilatation rénale.

6° On observe enfin à deux reprises (20h03 et 20h10) que l'injection d'acétylcholine dans la saphène de I, à la dose de 1cg, détermine une chute de la pression artérielle au voisinage de zéro avec bradycardie extrême; mais le rein irrigué — contrairement à ce qu'on voit normalement — ne se contracte point. L'ergotamine, dont il a subi l'imprégnation, paralyse donc en lui les mécanismes périphériques de la vaso-constriction, comme de la vaso-dilatation.

De cet exposé nous devons retenir que les effets de l'excitation réflexe des nerfs vaso-dilatateurs et ceux de l'injection d'acétylcholine se trouvent modifiés en sens contraire par certaines agressions pharmacodynamiques. Un tel résultat (qui s'ajoute d'ailleurs à d'autres du même ordre) paraît difficile à concilier avec l'hypothèse que l'excitation nerveuse agirait *exclusivement* par un intermédiaire chimique. Sans doute Dale admet qu'une substance déterminée peut engendrer des réactions physiologiques différentes au niveau des mêmes éléments musculaires lisses, selon qu'elle est artificiellement introduite par voie vasculaire ou déposée directement en son lieu même d'action intracellulaire par les terminaisons nerveuses excitées.

Il n'en est pas moins vrai que dans notre expérience du rein irrigué, l'excitation réflexe des nerfs vaso-dilatateurs et l'apport sanguin du *médiateur* présumé de ces nerfs provoquent la même réaction vasculaire tant que l'animal est exempt de toute intoxication; et qu'après atropinisation du sujet perfuseur (donc du système vasculaire exploré) ces deux stimulations, nerveuse et chimique, entraînent des réponses opposées de la musculature artériolaire. Comment attribuer en ce cas la vaso-dilatation nerveuse à une libération d'acétylcholine, puisqu'en fait cette acétylcholine détermine de la vaso-constriction ?

La dissociation obtenue après imprégnation du système neuro-vasculaire rénal par l'ergotamine n'est pas moins remarquable et embarrassante.

Nous ne demandons pas mieux de croire que l'exception confirmera finalement la règle et que la théorie de la commande nerveuse par agent chimique triomphera des présentes objections grâce à quelque hypothèse auxiliaire; mais il nous faut bien convenir que, pour l'instant, la solution du paradoxe nous échappe, à moins d'admettre avec Bacq et Monnier (4),

(3) A. Tournade et M. Chevillot, *C. R. Soc. Biol.*, 124, 1937, p. 564.

(4) *Arch. internat. Physiol.*, 40, 1935, p. 485.

que, dans la transmission de l'excitation, les phénomènes physiques n'ont pas un rôle moins important à jouer que les chimiques, dont ils peuvent, le cas échéant, primer l'action physiologique.

CYTOPHYSIOLOGIE. — *Sur la mise en évidence des zones d'oxydation dans la cellule vivante par la méthode des sels de cobalt.* Note (¹) de M. **Philippe Joyet-Lavergne**, transmise par M. Arsène d'Arsonval.

Les sels cobalteux en solution dans un milieu alcalin ont une coloration rose. Ils peuvent se transformer *in vitro* en sels cobaltiques verts par l'action d'oxydants assez puissants (²). Il existe dans la cellule vivante des zones possédant un pouvoir de catalyse d'oxydation assez grand pour réaliser une transformation semblable. On peut faire apparaître ces zones en utilisant des réactifs qui pénètrent dans la cellule vivante sans lui causer de dommages. Nous indiquons ailleurs la technique de préparation de ces réactifs. Les uns sont à base de chlorure de cobalt, les autres à base de sulfate de cobalt. Ils diffèrent entre eux par leur teneur en sels cobalteux. L'étude des cellules animales demande des réactifs à concentration faible. Pour chacun des types cellulaires étudiés la détermination du chondriome a été faite au préalable par les méthodes classiques.

Cellules végétales. — Si, sur un lambeau d'épiderme d'*Iris germanica* détaché de la base d'une feuille, dans une région dépourvue de chlorophylle, on fait agir un réactif à base de chlorure de cobalt, on constate que ce réactif pénètre dans les cellules et subit un phénomène d'oxydation le transformant en un sel cobaltique vert, là où la puissance de catalyse se révèle suffisante. C'est à la surface des chondriosomes que cette oxydation se réalise. L'action du même réactif sur un fragment d'épiderme de jeune tige de Pois, de jeune tige de Fève, de jeune tige de Lupin donne une coloration verte du chondriome des cellules pour les mêmes raisons.

Dans les cellules de l'extrémité d'une jeune racine de Maïs ou d'une jeune racine de Blé, le réactif au chlorure de cobalt se trouve oxydé au niveau des chondriosomes qu'il colore en vert. Il en est de même pour les cellules du bourgeon d'*Elodea canadensis* et dans les jeunes poils absorbants

(¹) Séance du 19 mai 1937.

(²) R. Bernard et P. Job, *Comptes rendus*, 190, 1930, p. 186.

des racines de Blé; l'oxydation du réactif se réalise là aussi sur les chondriosomes.

Dans les divers tissus que nous venons d'étudier il arrive parfois (le cas est fréquent pour l'épiderme d'Iris) que le noyau de certaines cellules contienne un nucléole, on constate alors que l'oxydation du réactif se réalise non seulement sur les chondriosomes, mais aussi dans le nucléole. Le réactif à base de sulfate de cobalt donne, pour le chondriome et pour le nucléole, des résultats analogues à ceux obtenus avec le réactif au chlorure, mais ils sont souvent moins nets.

Cellules animales. — La cellule de glande salivaire de la larve *Chironomus* est favorable à une étude sur le vivant. Le réactif au chlorure de cobalt à concentration faible (1/4000e) pénètre dans la cellule et subit une oxydation au niveau du chondriome qui le transforme en sel cobaltique vert. Le réactif au sulfate de cobalt de concentration 1/3000e pénètre dans la cellule et subit également une oxydation sur le chondriome qu'il colore en vert.

L'action des mêmes réactifs a été étudiée sur les Grégarines vivantes *Gregarina polymorpha* et *Steinina ovalis* aux diverses étapes de la croissance des sporadins et, en outre, pour *G. polymorpha*, au stade de rapprochement des deux sexes (syzygie) et au stade de l'enkystement. Dans toutes ces étapes, l'un ou l'autre des réactifs pénètre dans les Grégarines et subit au niveau des chondriosomes une oxydation qui le transforme en sel cobaltique vert. Cette oxydation s'effectue dans la cellule parfaitement vivante. Les sporadins de *G. polymorpha* continuent à se mouvoir dans la préparation longtemps après que leur chondriome a été teinté en vert par l'action du réactif. Grâce à cette coloration, les chondriocontes se distinguent assez nettement pour qu'il soit possible de suivre le mouvement propre dont ils sont animés dans la cellule vivante.

Steinina ovalis se prête bien à l'étude du nucléole sur le vivant avec l'un ou l'autre des deux réactifs mais plus particulièrement avec le sulfate. On constate l'apparition d'une couleur verte sur le chondriome et dans le nucléole. Parfois une partie seulement du nucléole se trouve colorée. Le fait est dû à l'existence, dans ce cas, d'une hétérogénéité chimique; une partie seulement de l'organe possède alors les deux facteurs de la catalyse d'oxydation, vitamine A et glutathion.

Les types cellulaires que nous venons d'examiner sont assez différents les uns des autres, la gamme des étapes de la vie cellulaire donnée par les gré-

garines est suffisamment étendue pour que les qualités révélées dans cette étude constituent des caractères cytologiques généraux : dans la cellule vivante, animale ou végétale, le chondriome et le nucléole sont deux constituants qui possèdent un pouvoir de catalyse d'oxydation assez élevé pour transformer les sels cobalteux en sels cobaltiques.

OPTIQUE PHYSIOLOGIQUE. — *Sur le rythme apparent du papillotement.* Note de M. **Yves Le Grand**, présentée par M. Charles Fabry.

Une plage lumineuse dont la brillance varie périodiquement produit une impression de papillotement si la fréquence ne dépasse pas une certaine valeur critique; au delà, on obtient une sensation stable qui dépend uniquement de la valeur moyenne de la brillance (loi de Talbot). Les variations de la fréquence critique en fonction de la brillance, des dimensions de la plage, de la composition spectrale de la lumière, de la région rétinienne utilisée et de son état d'adaptation ont provoqué un nombre considérable de recherches; mais il ne semble pas qu'on ait signalé certains phénomènes curieux qui se produisent dans le régime du papillotement, c'est-à-dire pour les fréquences inférieures à la valeur critique de fusion.

Tout d'abord le rythme apparent du papillotement semble inférieur à la fréquence réelle, et d'autant plus que la source est observée plus latéralement. Soit par exemple une plage circulaire de 7° de diamètre apparent, dont la brillance oscille à la fréquence 42 par seconde entre la valeur 300 bougies par mètre carré maintenue pendant une demi-période et une valeur nulle pendant la demi-période suivante; si le centre de cette plage tombe à 15° de la fovea, le reste du champ visuel étant peu éclairé, le sujet a l'impression d'un papillotement à une cadence de 7 par seconde environ; en vision plus latérale, le rythme est encore plus lent. On peut mesurer cette fréquence apparente en faisant alterner sur la même plage deux régimes variables, l'un de fréquence fixe 42, l'autre plus lent et réglable jusqu'à égalité apparente des rythmes. Cet effet présente une évidente analogie avec les phénomènes électriques de la rétine, du nerf optique et du cerveau, qui tous se synchronisent avec un sous-multiple de la fréquence d'excitation.

Si d'autre part le sujet garde l'œil immobile, la fréquence apparente diminue progressivement, et l'on peut en moins d'une minute obtenir un

régime de fusion, sans papillotement; le moindre mouvement de l'œil fait réapparaître le papillotement. En même temps que ce ralentissement du rythme se produit une augmentation apparente de la brillance de la source, dont la couleur passe en outre au violacé. Si l'on fait alterner sur la même plage notre régime variable de fréquence 42 et une brillance fixe de 150 bougies par mètre carré, on obtient deux régimes stables (sans papillotement), mais dont l'un paraît brillant et violet et l'autre sombre et jaunâtre, quoique les brillances aient la même valeur moyenne. Dans certaines conditions de vision latérale, la loi de Talbot peut donc se trouver en défaut; cela tient probablement à ce que la fusion est alors d'origine nerveuse et non plus photochimique.

CHIMIE PHYSIOLOGIQUE. — *De la localisation et de la nature de la flavine contenue dans la peau de l'Anguille.* Note de MM. **Maurice Fontaine** et **René Guy Busnel**, présentée par M. Paul Portier.

Nous avons antérieurement signalé [1] la teneur très élevée en flavine de la partie dorsale de la peau de l'Anguille. Aussi nous a-t-il paru intéressant d'étudier la localisation de cette flavine dans la peau et de rechercher sous quelle forme elle s'y trouve.

Les techniques utilisées ont été les suivantes : 1° fixation de la peau au formol salé neutre; 2° lavage à l'eau; 3° coupes à congélation d'épaisseurs variables (30^μ à 50^μ); examen de ces coupes au microscope à fluorescence de Reichert, soit dans l'eau distillée, soit dans l'alcool méthylique pur ou à 50 pour 100.

Les coupes examinées aussitôt après leur obtention ne nous ont, en aucun cas, montré de fluorescence jaune vert appréciable. Il en a été de même pour des coupes effectuées sur de la peau fraiche, non fixée. Il semble donc y avoir absence de flavine libre en quantité appréciable dans la peau de l'Anguille. Si l'on immerge ces coupes dans l'alcool méthylique à 50 pour 100 et si on les examine dans les premières heures qui suivent, on ne constate pas davantage de fluorescence jaune vert; cette observation exclut l'hypothèse d'une flavine libre, masquée par certains autres pigments

(1) M. Fontaine, *Comptes rendus*, **204**, 1937, p. 1367.

de la peau (mélanine, pigment carotinoïde). Dans cette hypothèse en effet, la flavine libre, se dissolvant dans l'alcool méthylique aurait diffusé rapidement et sa fluorescence nous serait très vite apparue au voisinage des autres pigments. Il résulte donc de ces diverses observations que la flavine présente dans la peau de l'Anguille n'est pas libre, en majeure partie du moins, mais liée à un support colloïdal, sans doute sous forme de ferment respiratoire jaune de Warburg. On sait que, dans ce cas, on peut dissocier la flavine de son support colloïdal par immersion prolongée dans l'alcool méthylique et que cette scission est activée par une élévation de température. La fluorescence de la flavine libre apparaît alors.

Nous avons en effet obtenu l'apparition de cette fluorescence (ce qui nous a permis de localiser la flavine) soit en laissant les coupes pendant 24 heures à la température du laboratoire (15° environ) dans l'alcool méthylique à 50 pour 100, soit mieux encore en portant celles-ci dans le même solvant à l'étuve à 37°. Cette élévation de température accélère la libération de la flavine dont la fluorescence ne commence à apparaître nettement qu'au bout d'une dizaine d'heures. Cette fluorescence se présente sous forme d'une bande discontinue localisée dans la couche pigmentée qui comprend les mélanophores et les cellules à pigment carotinoïde. Les points obscurs de cette bande discontinue correspondent exactement aux mélanophores. Il nous paraît intéressant de souligner cette contiguïté de la flavine liée et de la mélanine, contiguïté qui a déjà été observée en ce qui concerne la flavine libre, par Euler, Hellström et Adler (²) dans la rétine des yeux de Poisson. Nous avons vérifié que cette fluorescence présente bien les caractères d'une fluorescence de flavine (disparition par réduction à l'hydrosulfite de soude et réapparition par oxydation, résistance aux acides faibles, disparition par contre aux acides forts avec réversibilité, au moins partielle, si le retour à un pH voisin de la neutralité est effectué assez rapidement). Ajoutons enfin que la fluorescence, d'abord nettement localisée comme il a été indiqué plus haut, diffuse par la suite et disparaît, la flavine se dissolvant complètement dans l'alcool méthylique.

Les conclusions de ces recherches sont donc les suivantes :

1° La flavine existant dans la peau du dos de l'Anguille est localisée dans la couche pigmentée qui comprend les mélanophores et les carotinoïdes.

2° Cette flavine se trouve, en majeure partie du moins, sous forme de

---

(²) *Zeitschr. f. vergl. Physiol.*, **21**, 1935, p. 139.

flavine liée à un support colloïdal (vraisemblablement ferment jaune de Warburg).

PHYSIQUE BIOLOGIQUE. — *Sur l'introduction de la radioactivité artificielle en thérapeutique.* Note de MM. **Auguste Lafay** et **Bernard Lafay**, présentée par M. Charles Fabry.

La radioactivité, momentanément acquise par certains corps soumis à un bombardement de neutrons, permet de réaliser des applications thérapeutiques intéressantes, sans qu'il soit pour cela nécessaire d'employer des dispositifs compliqués. MM. Szilard et Chalmers (¹) ont en effet montré que les neutrons, nécessaires à une telle activation peuvent être obtenus par l'action des rayons γ sur le glucinium.

En enveloppant un tube renfermant de 2 à 3^{mg} de radium avec du glucinium pulvérisé et bien tassé, on obtient une source permanente et pratiquement inépuisable de neutrons à laquelle il suffit d'exposer les substances que l'on se propose de radioactiver. Pour obtenir des effets aussi intenses que possible, il convient d'ailleurs, comme l'ont établi les travaux de l'École italienne (²), d'enfermer la source et les objets irradiés dans une cavité creusée dans un bloc épais de paraffine.

Nous avons utilisé cette méthode pour radioactiver un assez grand nombre de corps et vérifier qu'il est possible de procéder à cette transformation en employant directement les solutions de leurs sels, contenues dans les ampoules que l'on trouve dans le commerce toutes préparées pour les injections et les applications thérapeutiques. L'arsenic et l'iode ont tout particulièrement retenu notre attention en raison de leur importance médicale et du fait précieux que leur activation a pour résultat la production des isotopes correspondants, dont les propriétés chimiques sont par suite les mêmes que celles des éléments dont ils dérivent.

Les essais entrepris dans le but d'examiner si l'action des médicaments arsénicaux se trouve exaltée par la radioactivation ne sont pas encore assez avancés pour que nous puissions actuellement énoncer des résultats précis à leur sujet.

(¹) *Nature*, **134**, 1934, p. 494.
(²) *Proc. of the Roy. Soc.*, **149**, 1935, p. 522.

L'iode, par contre, a été étudié d'une manière approfondie.

I. Les injections intraveineuses d'iodure de sodium radio-activé, donnent dans le traitement des rhumatismes des résultats au moins aussi bons que ceux qui ont été obtenus, dans ces dernières années, par l'emploi du mésothorium, du thorium X et du radon. Toutefois, contrairement à ce qui se produit assez souvent avec ces derniers médicaments, l'emploi du radioiode ne détermine pas d'altération sensible de la formule sanguine.

II. Tenant compte de l'affinité bien connue ([3]) de l'iode pour le tissu cancéreux, affinité que nos expériences ont confirmée, nous avons utilisé l'iode radioactif pour amener au contact même de la cellule malade une source d'où émane un rayonnement qui est principalement sinon totalement composé de rayons β.

Des expériences nombreuses ont en effet établi que la plupart des corps radioactivés artificiellement et tout particulièrement le radioiode émettent des rayons β. Il n'existe pas, à notre connaissance, d'autre procédé permettant d'introduire de tels rayons dans les régions profondes sans produire des brûlures périphériques.

De plus, les résultats que nous avons obtenus confirment les vues des radiothérapeutes ([4]) qui, ayant plus spécialement étudié l'action de ces rayons, leur attribuent des propriétés curatives supérieures à celles des rayons X ou γ.

III. Enfin l'accumulation du radioiode dans les régions cancéreuses les rend momentanément radioactives et permet, comme cela a déjà été fait d'une autre manière par MM. Roffo et Landabaru ([5]), de détecter leur existence par des procédés électriques de grande importance diagnostique.

A 16h20m l'Académie se forme en Comité secret.

([3]) Van Den Velden, *Bioch. Zeit.*, 9, 1908, p. 54.
([4]) P. Degrais *Presse méd.*, 13, février 1923, p. 145.
([5]) *Les Néoplasmes*, 4, 1925, p. 327.

COMITÉ SECRET.

La Section de Géométrie, par l'organe de son Doyen, présente la liste suivante de candidats à la place vacante par le décès de M. *E. Goursat* :

En première ligne	M. **Paul Montel**.
En seconde ligne	M. **Arnaud Denjoy**.
En troisième ligne, ex æquo *par ordre alphabétique*....	MM. **Maurice Fréchet**, **René Garnier**, **Paul Lévy**, **Georges Valiron**.

Les titres de ces candidats sont discutés.
L'élection aura lieu dans la prochaine séance.

La séance est levée à 16h35m.

A. Lx.

ERRATA.

(Séance du 10 mai 1937.)

Note de M. *Gustave André Mokrzycki*, Sur le travail de décollage des avions :

Page 1401, ligne 2 en remontant, *au lieu de* S_q, *lire* Sq.

Page 1402, ligne 7, *au lieu de* $\frac{Q}{\rho g}$, *lire* $\frac{Q}{g}$; ligne 9, *au lieu de* $\frac{d(v)^2}{2}$, *lire* $\frac{d(v)^2\rho}{2}$; ligne 13, *au lieu de* S_q, *lire* Sq.



ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 31 MAI 1937.

PRÉSIDENCE DE M. AIMÉ COTTON.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Président** souhaite la bienvenue à M. le Professeur **Dan La Cour**, Président de l'Union internationale de Géodésie et Géophysique, qui assiste à la séance.

Notice nécrologique sur Louis Ravaz (1863-1937), par M. **Gustave Moussu**.

Louis Ravaz, qui vient de disparaître à l'âge de 74 ans, fut, depuis 30 ans, l'une des personnalités scientifiques les plus en vue et les plus hautement appréciées dans les milieux agricoles et viticoles surtout.

Ancien directeur de l'École d'Agriculture de Montpellier, Membre non résidant de l'Académie d'Agriculture de France, Correspondant de l'Institut pour la Section d'Économie rurale, Ravaz eut une carrière admirablement remplie et particulièrement brillante. Elle fut en effet jalonnée de découvertes scientifiques fertiles en applications pratiques et résultats heureux pour la prospérité et la fortune de ceux qui s'adonnent à la culture de la vigne. Sa notoriété était très grande dans toute la région du Sud-Ouest, dans ce que l'on est convenu d'appeler le Midi viticole et par extension dans toutes les régions où l'on cultive les vignes françaises. Après Pierre Viala, dont il fut le collaborateur et l'ami, c'était assurément l'autorité scientifique la plus appréciée en matière de Viticulture. Il s'était, très jeune, imposé à la confiance des vignerons les plus expérimentés et les plus avertis par l'importance de ses découvertes, durant une période de crise viticole qui avait jeté le désarroi un peu partout (crise phylloxérique) et accumulé des ruines dans des régions entières. Aussi était-il écouté, sinon

comme un oracle, du moins comme l'un des grands maîtres à qui l'on peut faire confiance en toutes circonstances et en cas de péril cultural.

Les différentes étapes de sa carrière peuvent être résumées comme suit :

Né dans l'Isère, en 1863, ses aptitudes et ses préférences natives l'orientèrent vers la vie rurale et l'étude des questions agricoles.

En 1880, il entrait à l'École d'Agriculture de Montpellier, s'y faisait remarquer tout de suite par des qualités multiples qui le plaçaient déjà hors rang, si l'on peut employer cette expression; et en 1886 son vœu le plus cher se trouvait réalisé. Il devenait préparateur de la chaire de Viticulture. Son premier séjour à Montpellier, en cette qualité, ne fut cependant que d'assez courte durée. En 1888, il était appelé à la direction de la Station viticole de Cognac, fondée par le Comité de Viticulture de cet arrondissement.

On eût pu craindre que le jeune âge de ce titulaire, le manque d'une assez longue expérience des choses de la pratique, et même aussi d'un séjour prolongé dans un laboratoire de recherches, lui rendissent l'accomplissement de sa mission particulièrement difficile; il n'en fut rien, car bien vite il montra que la hardiesse et l'originalité des conceptions suppléent, parfois, fort heureusement d'ailleurs, aux hésitations que peut faire naître une trop longue pratique.

Les vignes des Charentes avaient été détruites par le phylloxéra, on cherchait les moyens de les reconstituer. Avec enthousiasme Louis Ravaz se mit au travail, très scientifiquement et non pas à l'aveuglette, en prenant pour point de départ l'état des connaissances acquises sur les vignes américaines, sur leur comportement suivant la nature des sols, sur leur résistance en terrain crayeux, etc. Et il montra rapidement qu'il était possible de rendre au pays partie tout au moins de sa prospérité d'antan en reconstituant le vignoble de l'Ouest. C'était le succès, et avec lui une réputation naissante très justement méritée.

En 1897, Ravaz devenait professeur de Viticulture à l'École de Montpellier. Il sut donner à son enseignement une autorité et un éclat tels qu'en parlant de l'École d'Agriculture de Montpellier, on y substitua bientôt l'appellation courante de Grande École nationale de Viticulture. Peut-on faire un plus bel éloge du maître qui par son prestige avait donné à son enseignement une prédominance si marquée que la dénomination d'École de Viticulture s'était imposée sans autre considération.

De professeur, Ravaz devint directeur. C'est en cette qualité qu'il prit sa retraite, emportant de tous ceux qui l'on connu, estime et considération.

Toute sa vie fut consacrée à l'études des problèmes économiques se rattachant exclusivement à l'exploitation de la vigne; il fut le grand conseiller technique, le grand consultant si l'on veut, de tout le Midi viticole.

Sa réputation franchit nos frontières, ses vues et ses écrits furent aussi appréciés à l'étranger que chez nous, parce que s'il existe des conditions de production propres à chaque pays, il en est aussi d'ordre plus général, qui se retrouvent les mêmes sous tous les climats. Plusieurs de ses ouvrages furent traduits en langues étrangères. Les publications de Ravaz furent très nombreuses, témoignant d'une activité qui ne s'est jamais ralentie; elles sont réparties dans nos journaux techniques, tout spécialement dans la *Revue de Viticulture*, dont il fut longtemps le collaborateur et dans *le Progrès Agricole et Viticole* dont il devint le co-directeur.

Parmi les grands problèmes qui ont occupé sa carrière, il convient de placer en première ligne *la reconstitution des vignobles des Charentes,* qui a consacré sa réputation de grand maître en Viticulture, car c'est de la station viticole de Cognac que se sont envolées les notions et les précisions permettant la reconstitution du vignoble charentais :

En prenant possession de la station viticole de Cognac, L. Ravaz savait, par les publications de P. Viala, que les vignes américaines utilisées comme porte-greffes, pour la reconstitution des vignobles français, ne s'adaptaient pas toutes, tant s'en faut, à nos différents terrains; qu'en particulier il n'en existait que très peu d'aptes à végéter et à prospérer en terrains calcaires. C'était un problème d'ordre pratique à résoudre, surtout pour la région crayeuse des environs de Cognac. L. Ravaz chercha et trouva, en créant pour études et essais comparatifs, des champs d'expérience et de démonstration. Rien de plus simple, de plus logique et de plus naturel, peut-on dire aujourd'hui; encore fallait-il y songer, en établir le plan de recherches sur des bases bien déterminées, en poursuivre la réalisation. La réputation des champs d'expériences de la station viticole de Cognac fut assez vite établie, de nombreux visiteurs, curieux, incrédules ou intéressés en firent le pélerinage. Ils en repartirent convaincus par la démonstration. La possibilité de replantation en terrains calcaires à teneurs variables était établie; d'où la possibilité de reconstitution du vignoble charentais, et d'autres vignobles aussi. C'était, tout à la fois, une victoire scientifique et une victoire pratique d'importance. Il n'en fallait pas plus pour faire monter L. Ravaz dans la chaire de Viticulture de l'École de Montpellier, en 1897, nomination pleinement justifiée.

Homme de laboratoire et praticien habile, L. Ravaz a publié des études remarquables de précision sur le black rot, le rot blanc, la mélanose, la brunissure, le court-noué de la vigne et d'autres maladies encore.

Son ouvrage sur les vignes américaines, leur adaptation à nos différents sols, leur résistance au phylloxera et à la chlorose, leur greffage, leur culture etc., a toujours fait autorité.

Mais ce qui a, si possible, encore élargi sa notoriété, c'est la publication de son livre sur le mildiou de la vigne, ouvrage classique par excellence, qui a été le point de départ de la création des stations d'avertissement pour viticulteurs. Étant arrivé à préciser les conditions climatériques, ou mieux météorologiques (chaleur et humidité), qui règlent le départ de la germination des spores d'hiver du mildiou, Ravaz en arriva à cette déduction qu'il était facile, dans une station de recherches viticoles, de prévoir 6 à 7 jours à l'avance les invasions dites explosives du mildiou. Il en découlait, du point de vue pratique, qu'il devenait possible d'avertir en temps utile les viticulteurs d'une région de la menace qui pouvait frapper leur vignoble; d'où l'idée de création des stations d'avertissement qui rendent de si grands services en régions viticoles. La lutte contre le mildiou de la vigne est devenue une lutte vraiment scientifique, infiniment plus économique que les anciennes méthodes. On ne traite préventivement (sulfatages) que quand il le faut et comme il le faut.

Pierre Viala et Louis Ravaz ont enfin, par leurs études sur les vignes américaines, les porte-greffes, les producteurs directs et hybrides producteurs directs, jeté les bases de ce que l'on a appelé la *Viticulture nouvelle*. C'est dire que rien n'est jamais définitif, que la science agricole et viticole est en marche continue, tout comme les autres sciences, que les prévisions des grands maîtres d'une époque font naître des espérances d'avenir chez ceux qui s'intéressent aux nouveautés. Ravaz a été dans sa spécialisation un maître éminent dont l'œuvre stimulera le zèle de ses successeurs; car le travail vers le progrès restera toujours, il faut l'espérer, l'honneur de notre race.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur l'intégration logique des équations différentielles linéaires; réduction du groupe.* Note de M. **Jules Drach.**

On a vu dans une Note récente (¹) comment s'obtient, pour une équation différentielle linéaire à coefficients rationnels en x, l'essentiel de la théorie

(¹) *Comptes rendus*, 204, 1937, p. 1449.

classique de M. Émile Picard [existence du groupe de *rationalité* Γ, sa détermination en partant du système résolvant *projectif* pour les invariants de Γ qui admet une solution *rationnelle* en x et une seule, etc.]; le lecteur est prié de se reporter à cette Note pour les notations et pour ce qui suit.

a. Réduction du groupe de rationalité. — Le groupe Γ étant trouvé, les propriétés des éléments $Y_1, \ldots, Y_n$ *attachés* à Γ dans $[R_0]$, sont manifestées par une *réduction théorique* de Γ. Soit un polynome $Q(x, Y)$ [c'est $Q(x, Y_1, \ldots, Y_n, Y'_1, \ldots, Y_n^{(n-1)})$] qui ne s'exprime pas comme polynome à l'aide d'un autre $q(x, Y)$ avec des coefficients rationnels; considérons l'expression $a(x)Q$ où a est rationnel et arbitraire, désignée à nouveau par Q, et faisons la transformation $Y_i = \Sigma\alpha_{ik}y_k$, où les α_{ik} sont *quelconques*. On aura

$$Q(x, Y) = \Sigma m_j(\alpha_{ik})\eta_j(x, y) = \Sigma M_j\eta_j(x, Y),$$

où le nombre des m_j, *coordonnées* de Q, dans le groupe général G_{n^2} est *minimum*. La *forme* de Q est conservée par le passage des y aux z, $y_k = \Sigma b_{kl}z_l$, qui donne $Y_i = \Sigma\gamma_{il}z_l$ avec $\gamma_{il} = \Sigma\alpha_{ik}b_{kl}$ lorsque l'on a $m_j(\alpha_{ik}) = m_j(\gamma_{ik})$; on déduit de là $m_j(\gamma_{ik}) = \Sigma\mu_{jl}(b_{ik})m_l(\alpha_{ik})$ et aussi $\eta_j(x, Y) = \Sigma\mu_l(b_{ik})\eta_l(x, z)$.

Supposons maintenant que les α_{ik} satisfassent aux équations (Λ), $l_m(\alpha_{ik})L_0 - l_0(\alpha_{ik})L_m = 0$ [ou encore que les Y_i satisfassent aux équations (S_2) $l_m(Y_i^{(k-1)}) = \omega_m(x)l_0(Y_i^{(k-1)})$] on peut *réduire* l'expression de $Q(x, Y)$ de manière à n'y garder que des dérivées paramétriques pour (S_2), et des dérivées principales d'un degré plus petit que celui où elles figurent dans (S_2). Cette réduction est la même que celle de la transformée de Φ par les équations transformées de (S_2); on peut d'ailleurs faire cette dernière d'abord. A l'égard du *polynome réduit* Q, aucune combinaison $\Sigma e_j[m_j(\alpha_{ik}) - M_j]$ ne s'annule plus en vertu des équations (Λ), c'est-à-dire que les $m_j(\alpha_{ik})$ distincts *sont en même nombre* σ *que lorsque les* α_{ik} *sont arbitraires*. La réduction des m_j résulte de (Λ) seul.

Si l'on écrit $dQ/dx = \Sigma m_j(\alpha_{ik})X(\eta_j), \ldots$, il faudra dériver σ fois pour éliminer les m_j, ce qui donnera pour Q une équation linéaire d'ordre σ. Les coefficients de l'équation sont des quotients de déterminants, multipliés par un même facteur quand on passe d'une solution y de (S_2) à une solution z; ce sont donc des invariants de Γ, c'est-à-dire des fonctions rationnelles de x. Les équations précédentes donnent alors

$$(T_1) \qquad m_j(\alpha_{ik}) = A_{j0}(x, y)Q + A_{j1}(x, y)\frac{dQ}{dx} + \ldots + A_{j,\sigma-1}(x, y)\frac{d^{\sigma-1}Q}{dx^{\sigma-1}},$$

et si l'on tient compte du fait que les équations (Λ) de Γ n'interviennent

pas pour le polynome réduit, on peut y regarder les α_{ik} et les y comme des arbitraires. On peut donc faire $y_1 = 1$, $y'_2 = 1$, ..., $y_n^{(n-1)} = 1$, tous les autres $y_i^{(k)}$ étant nuls, ce qui donne $\alpha_{ik} = Y_i^{(k-1)}$ et

$$(T_2) \qquad m_j(Y_i^{(k-1)}) = a_{j0}(x)Q + a_{j1}(x)\frac{dQ}{dx} + \ldots + a_{j,\sigma-1}(x)\frac{d^{\sigma-1}Q}{dx^{\sigma-1}},$$

c'est-à-dire les *invariants différentiels* du sous-groupe H de Γ, qui conserve la forme de Q, exprimés avec Q et ses dérivées, les a_{ji} étant rationnels. La dérivée dm_j/dx s'exprimera de même, donc linéairement avec les m_i; cela donne le *système résolvant linéaire* pour les invariants de H, quand les Y subissent les transformations de Γ. [Cette méthode aurait pu être employée pour le système résolvant des invariants relatifs de Γ dans G_{n^2}; appliquée à une équation QR — P = o elle définit le groupe de R.]

Le groupe H, conserve tout transformé de Q dans Γ, il est donc un sous-groupe *invariant* de Γ, dont les invariants $m_j(Y_i^{(k-1)})$ subissent les transformations linéaires du groupe, *isomorphe* à Γ, défini par les $\mu_{jl}(b_{ik})$; c'est le groupe Γ/H. La connaissance de Q, ou des $m_j(Y_i^{(k-1)})$, réduirait Γ au groupe H, défini par (A) et $m_j(\alpha_{ik}) = M_j$, qui conserve la forme de Q. Bien entendu les m_j sont liés entre eux et aux l_m/l_0, par des relations algébriques $\Phi_h(m_1, \ldots, m_\sigma, l_0, \ldots, l_\rho) = 0$ qu'on pourra réduire.

Si H n'est compris dans aucun sous-groupe invariant de Γ, le groupe Γ/H est *simple* (sans sous-groupe invariant). Des raisonnements basés sur les propriétés générales des groupes et la réalisation effective de leurs transformations amènent à associer à tout groupe Γ une *suite normale* Γ, H, H_1, ..., H_kG, ..., L, 1 où chaque groupe est invariant maximum dans le précédent; les groupes Γ/H, H/H_1, ..., L sont *simples;* il leur correspond des systèmes conduisant des invariants de Γ à ceux de H, puis de H_1, etc. Si, dans la suite, H_1, ..., H_k ne sont pas invariants dans Γ, mais si G l'est, les groupes *quotients* H/H_1, ..., H_k/G sont *isomorphes* et peuvent s'échanger [1].

b. Système de deux équations différentielles. — Soient

$$F(y) = y^{(n)} + p_1 y^{(n-1)} + \ldots + p_n y = 0 \quad \text{et} \quad G(z) = z^{(r)} + q_1 z^{(r-1)} + \ldots + q_r z = 0,$$

deux équations à coefficients rationnels dont les groupes de rationalité sont respectivement Γ et H, définis par les systèmes

$$(S_2) \quad l_m(\alpha_{ik}) - l_0(\alpha_{ik})\,\omega_m(x) = 0, \qquad (T_2) \quad m_j(\beta_{ik}) - m_0(\beta_{ik})\,\zeta_j(x) = 0,$$

---

[1] Cf. E. VESSIOT, *Ann. Éc. Norm.*, 9, 1892, p. 197; 21, 1904, p. 9.

où $\alpha_{ik} = Y_i^{(k-1)}$, $\beta_{ik} = Z_i^{(k-1)}$. Étudions le calcul simultané sur les Y et les Z. 1° Si le système (S_2, T_2) est *irréductible*, aucune distinction n'est possible entre les couples (Y, Z); les transcendantes $Y_1, \ldots, Y_n$ et $Z_1, \ldots, Z_r$ sont *étrangères*. 2° Si le système (S_2, T_2) est *réductible*, on considérera les systèmes irréductibles *réguliers* vérifiés par un couple (Y, Z), c'est-à-dire ceux qui renferment pour chaque ordre de dérivation d'abord le nombre maximum d'équations en Y, puis le nombre maximum d'équations en Z, enfin pour lesquels une résolvante de Galois formée avec les dérivées principales a le degré le plus petit. On peut supposer qu'à l'aide de (S_2) et (T_2) on ait *réduit* algébriquement les équations du système à ne renfermer que certains éléments : paramétriques, ou principaux d'un degré fixé; cette réduction se conservant quand on fait sur les Y et les Z une transformation linéaire générale en tenant compte des transformées de (S_2) et (T_2).

Si le système irréductible (Σ) comporte h équations $f_i(x, Y, Z) = 0$, nous posons $P(x, Y, Z) = \Sigma u_i f_i$, les u_i étant rationnels en x et arbitraires et la transformation $Y_i = \Sigma \alpha_{ik} y_k$ donne

$$P(x, Y, Z) = \Sigma a_j(\alpha_{ik}) \xi_j(x, y, Z),$$

où les $a_j(\alpha_{ik})$ sont les coordonnées de P dans G_{n^2}. Ce sont aussi les coordonnées de P dans Γ; une réduction de leur nombre au moyen de (Λ) entraînerait une réduction de P à l'aide de (S_2). La réduction des a_j peut se faire avec (Λ) seul.

Le nombre des équations distinctes $P = 0$, $dP/dx = 0$, ... est toujours h; *le nombre des coordonnées de* P est $(h+1)$. Il ne peut être plus petit; il s'ensuivrait une relation au moins entre les y *quelconques* et les Z déterminés. Il ne peut être plus grand; on en déduirait plus de h relations entre les Y et les Z. On a donc

$$\frac{a_j(\alpha_{ik})}{a_0(\alpha_{ik})} = \theta_j(x, y, Z) \qquad (j = 1, \ldots, h),$$

où l'on peut prendre pour $a_0(\alpha_{ik})$ soit 1, soit une puissance de $|\alpha_{ik}|$.

Ces équations regardées comme transformées de (Σ), par une transformation des Y, Y', ..., où les α_{ik}, y, y', ... sont quelconques, donnent en posant $y_1 = 1$, $y'_2 = 1$, ..., $y_n^{(n-1)} = 1$, les autres $y_i^{(k)}$ étant nuls, c'est-à-dire $\alpha_{ik} = Y_i^{(k-1)}$, des équations

$$(\Sigma') \qquad \frac{a_j(Y_i^{(k-1)})}{a_0(Y_i^{(k-1)})} = \Theta_j(x, Z),$$

c'est-à-dire les invariants d'un sous-groupe Γ_a, invariant dans Γ, exprimés

au moyen des Z. L'*adjonction* des Z réduit donc Γ à Γ_a, c'est-à-dire produit le même résultat que celle des invariants a_j/a_0; la réduction est *théorique*. Si l'on applique la même méthode à la combinaison $Q = \Sigma v_j a_j/a_0 = \Sigma v_j \Theta_j$ en transformant les Z par $Z_i = \Sigma \beta_{ik} z_k$, on obtiendra au second membre, en dérivant $(h-1)$ fois [il y a toujours h_b coordonnées, sans quoi on éliminerait les Z, ou l'on obtiendrait plus de h équations], *les invariants d'un groupe* H_b *invariant dans* H, *exprimés avec les invariants de* Γ_a. Car les dérivées du premier membre gardent la même forme, chaque dérivée da_j/dx s'exprimant linéairement avec $a_0, a_1, \ldots, a_h$.

c. Utilisation de relations connues. — Si l'on connaît par hasard k relations $f_i(x, Y) = 0$ vérifiées par un système fondamental de $F(y) = 0$, en posant $P = \Sigma u_i f_i(x, Y)$ et $Y_i = \Sigma \alpha_{ik} y_k$, d'où $P = \Sigma l_m(\alpha_{ik}) \xi_m(x, y)$, on déduit de là si le nombre des coordonnées $l_m(\alpha_{ik})$ est $(\rho + 1)$, ρ équations distinctes, $(\rho \geqq k)$ résolues sous la forme $l_m(\alpha_{ik}) = \Omega_m(x, y) l_0(\alpha_{ik})$, c'est-à-dire aussi les invariants $l_m/l_0 = L_m/L_0$ du groupe qui conserve la *forme* de $P = 0$, exprimés rationnellement avec x, ou bien un système *équivalent* pour les y.

Remarques. — L'expression D, telle que $dD/dx = -p_1 D$, et ses puissances n'ont qu'une coordonnée; les fonctions linéaires d'une solution y_1 et de ses dérivées en ont n. Un polynome $f(x, y_1, \ldots, y_n)$ d'ordre zéro en a au moins $2n$.

d. Extension du domaine de rationalité. — Tout ce que nous venons de dire subsiste quand au lieu de R_0], on considère un domaine [R] formé des fonctions rationnelles de x et de certains éléments $\varphi_1(x), \ldots, \varphi_m(x)$ définis uniquement par un système différentiel (σ), d'ordre quelconque, formé d'équations *rationnelles* entre x, les φ et leurs dérivées. Si (σ) est *irréductible*, on en déduit une expression *unique* pour chaque élément de [R]; si (σ) est réductible, il faut le compléter par des relations $\Psi_j \neq 0$, où les Ψ_j sont toujours des polynomes en $x, \varphi, \varphi', \ldots$, de manière à ce que tout élément de [R] soit *bien défini*. La première extension de $[R_0]$ conduit à un domaine algébrique; s'il est de Galois, la variable x peut varier de manière quelconque; sinon le champ où x varie est limité.

Ces conditions peuvent n'être remplies que dans une partie du plan des x, par exemple au voisinage des points singuliers de l'équation. Lorsque [R] renferme des indéterminées $\lambda, \mu, \ldots, f(\lambda), g(\mu), h(\lambda, \mu), \ldots$, il faut les définir avec la même précision, l'étude des y_i comme fonction de $\lambda, \mu, \ldots$ est un nouveau problème.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Catalyse de la réaction de Cannizzaro par le nickel et le platine actifs. Application à quelques aldoses.* Note de MM. **Marcel Delépine** et **Alain Horeau**.

Dans notre travail sur l'hydrogénation des corps carbonylés par le nickel Raney, en présence de soude, nous avons incidemment signalé que, dans le cas des aldéhydes, il se formait une certaine quantité de l'acide correspondant à l'aldéhyde, ce qui fut attribué à l'existence d'une réaction de Cannizzaro ([1]). Il était naturel de se demander si cette réaction dépendait ou non de l'hydrogénation. Elle en est indépendante; nous l'avons vérifié avec l'aldéhyde formique, l'aldéhyde butylique, l'aldéhyde benzoïque, le galactose, le glucose et l'arabinose. Certes, les trois premiers aldéhydes sont capables de subir la réaction de Cannizzaro sans catalyseur, mais le nickel l'accélère énormément; quant aux aldoses, une telle réaction n'avait jamais été signalée à leur égard, malgré les nombreux travaux ayant trait à leurs transformations sous l'influence des alcalis. En la provoquant par la présence d'un catalyseur, on apporte donc une nouveauté qui se traduit ainsi : avec de la soude et un aldose en présence de nickel, on hydrogène l'aldose en ite (itol) et on l'oxyde en acide onique. Il est certainement remarquable de transformer ainsi du galactose, par exemple, en dulcite, à la température ordinaire sans apport d'hydrogène.

Nous ne rapporterons ici que les faits essentiels, les détails devant se trouver dans un autre Recueil.

Soit le cas de l'aldéhyde formique. Alors que l'action de la soude N/2 ne donne qu'une transformation de 50 pour 100 environ en 30 heures, d'après la réaction déjà étudiée par l'un de nous ([2]),



$$2\,CH^2O + HONa = CH^3OH + H.CO^2K,$$

si l'on ajoute $4^g,5$ de nickel Raney pour 3^g d'aldéhyde en 100^{cm^3} de soude N/2, la réaction est complète en 70 minutes, ayant d'ailleurs atteint 97 pour 100 dans la première demi-heure. Au début, une petite quantité de soude disparaît pour ainsi dire instantanément.

Si l'on prend de l'aldéhyde butylique en présence de nickel, on trouve, après deux heures, que deux molécules opposées à une de soude con-

([1]) M. Delépine et A. Horeau, *Bull. Soc. Chim.*, 5e série, 4, 1937, p. 31.

([2]) M. Delépine, *Comptes rendus*, 124, 1897, p. 1454.

somment 70 pour 100 de cette dernière. On peut extraire des produits de la réaction de l'acide butyrique et de l'alcool en rapport avec la disparition de la soude. De même, l'aldéhyde benzoïque donne assez rapidement alcool et acide correspondants.

Nous nous sommes alors adressés aux aldoses susmentionnés : galactose, glucose, arabinose. Leur choix a été fixé par ce que les données connues devaient nous permettre de déterminer assez rapidement la nature de la réaction dominante.

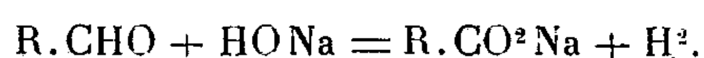
C'est ainsi qu'avec 18^g de galactose, $4^g,5$ de Ni, 100^{cm^3} de HONa N/2, on constate après 6 heures d'agitation qu'il n'y a plus à l'état libre que 30 pour 100 de la soude primitive, alors que sans nickel la disparition est insignifiante après 24 heures. Du milieu réactionnel on extrait sans difficulté de la dulcite en nature ou de l'acide galactonique (sous forme de sel de cadmium ou de sodium).

Des expériences similaires avec le glucose ont permis d'obtenir la sorbite après transformation en dérivé benzylidénique, puis de la caractériser en tant que triformal fusible à 206°, tandis que la présence de l'acide gluconique était démontrée par la formation de son sel d'ammonium fusible à 153° et de sa phénylhydrazide fusible à 200°.

Avec l'arabinose, on a obtenu l'arabonate de calcium à $5OH^2$.

Dans toutes ces expériences, les liqueurs restent absolument incolores, tandis que l'on sait avec quelle facilité les solutions alcalines des oses jaunissent.

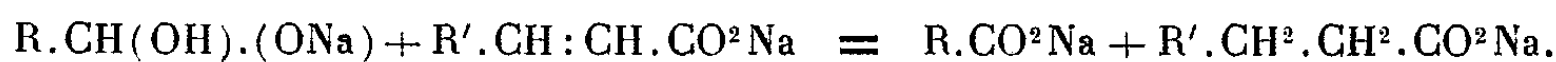
A la suite de ces essais avec le nickel, nous en avons fait d'autres en employant le platine Vavon. Ce catalyseur a conduit à des résultats bien curieux. A son contact, les aldéhydes en milieu alcalin dégagent plus ou moins d'hydrogène, la réaction de Cannizzaro étant accompagnée de la destruction d'une partie de l'aldéhyde d'après l'équation


$$R.CHO + HONa = R.CO^2Na + H^2.$$

Cette réaction (avec le galactose) peut toucher plus de la moitié de l'aldose présent; dans deux expériences différentes, l'agitation étant faite dans l'appareil à hydrogénation rempli d'hydrogène avec 18^g de galactose en présence de $4^g,5$ de nickel et de 10^{cm^3} de lessive de soude à la dilution totale de 110^{cm^3}, on a vu refluer 1,1 et 1,3 litres d'hydrogène, à raison de 10 à 15^{cm^3} par minute. Naturellement, on a récolté plus de galactonate isolé sous forme de sel de calcium $(C^6H^{11}O^7)^2Ca + 5OH^2$, et moins de dulcite que dans une réaction de Cannizzaro.

De semblables déshydrogénations ont été déjà constatées avec le palladium par Wieland ([3]), dès 1912, en même temps qu'il montrait qu'on pouvait faire accepter l'hydrogène par des corps oxydo-réducteurs tels que la quinone, le bleu de méthylène, etc.

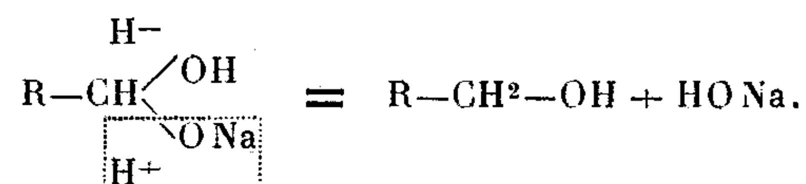
Avec le nickel, bien qu'il ne dégage pas d'hydrogène, nous avons fait des expériences en ajoutant à l'aldose (le galactose) un accepteur qui, d'après les données thermochimiques, fixe l'hydrogène avec un dégagement de chaleur supérieur à celui de la transformation de l'aldose en polyol; on constate que l'on peut détourner l'hydrogène destiné à la réaction de Cannizzaro pour le porter sur des molécules non saturées comme l'acide crotonique, l'acide cinnamique, l'acétonitrile. En fait, après agitation de l'ensemble : galactose, soude, nickel, corps non saturés ci-dessus, on sort des quantités très importantes d'acide butyrique, d'acide phénylpropionique et même de l'éthylamine. Dans le cas d'un acide non saturé, on peut écrire



$$R.CH(OH).(ONa) + R'.CH:CH.CO^2Na = R.CO^2Na + R'.CH^2.CH^2.CO^2Na.$$

Cet ensemble permet des explications que nous résumons comme suit.

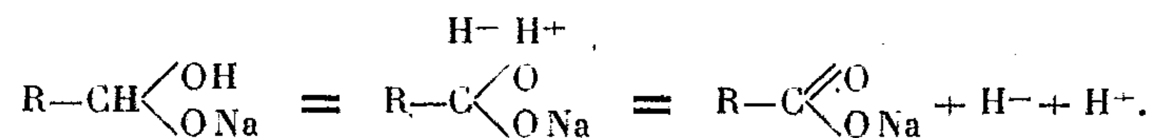
Acceptant l'idée de Schmidt ([4]), que les catalyseurs, en se combinant à l'hydrogène neutre, le scindent en H^+ et H^-, la fixation de l'hydrogène sur un aldéhyde en présence de soude s'écrira



$$R{-}CH\langle^{OH}_{ONa} \;(H^-,\ H^+) = R{-}CH^2{-}OH + HONa.$$

L'hydrogène H^- remplace le groupe $(ONa)^-$; l'accélération constatée dans l'hydrogénation des composés carbonylés (aldéhydes et acétones) serait attribuable à ce que $H^+(ONa)^-$ se formerait plus aisément que $H^+(OH)^-$ que l'on aurait en l'absence de soude.

S'il n'est pas en présence d'hydrogène, le catalyseur est capable de soustraire ces mêmes ions hydrogène à l'aldéhyde sodé



$$R{-}CH\langle^{OH}_{ONa} = R{-}C\langle^{O}_{ONa}\,(H^-\ H^+) = R{-}C\langle^{O}_{ONa} + H^- + H^+.$$

Ainsi se forme l'acide aux dépens de l'aldéhyde, supposition déjà faite

([3]) *Ber. d. chem. Ges.*, 45, 1912, p. 2606.

([4]) *J. f. physik. Chem.*, 118, 1925, p. 193.

par Wieland (*loc. cit.*), mais en formulant H^2 au lieu de H^+ et H^-. Si l'hydrogène détaché par le catalyseur se fixe sur l'aldéhyde même, on a la réaction de Cannizzaro (acide et alcool); c'est ce qui se passe avec le nickel. Mais si la fixation n'est pas assez rapide, les ions se recombineront plus ou moins et de l'hydrogène se dégagera en nature; c'est ce qui se passe avec le platine. Si, enfin, comme nous l'avons constaté avec le nickel, un autre accepteur est présent, tel que l'acide cinnamique ou l'acide crotonique, il pourra capter l'hydrogène au détriment de l'aldéhyde.

La supposition relative à la forme sous laquelle l'hydrogène est soustrait à l'aldéhyde trouve un appui sérieux dans un travail de Müller ([5]), qui a montré que l'électrolyse d'une solution d'aldéhyde formique dégage autant d'hydrogène au pôle positif qu'au pôle négatif, si l'on se place dans des conditions déterminées.

M. **Georges Urbain** fait hommage à l'Académie d'une réédition des *Leçons de Philosophie chimique*, par J.-B. Dumas, pour laquelle il a écrit un *Avant-Propos*.

ÉLECTIONS.

L'Académie procède par la voie du scrutin à l'élection d'un Membre de la Section de Géométrie en remplacement de M. *E. Goursat* décédé.

Le nombre de votants étant 53,

M. Paul Montel	obtient	51 suffrages.
M. René Garnier	»	1 »
M. Paul Lévy	»	1 »

M. **Paul Montel**, ayant réuni la majorité absolue des suffrages, est proclamé élu.

Son élection sera soumise à l'approbation de M. le Président de la République.

([5]) *Ann. der Chem.*, 420, 1920, p. 241.

CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° Louis Roule. *Les Poissons et le monde vivant des eaux. Études Ichthyologiques et Philosophiques.* Tome dixième. *La Physiologie biologique et l'Économie générale du monde vivant.*

2° E. Seguy. *Diptères.* Fasc. 8 de la *Faune de la France* (présenté par M. L. Bouvier).

GÉOMÉTRIE. — *Sur la reconstitution de l'ensemble des corps convexes de l'espace à n dimensions à partir de certains sous-ensembles bases.* Note de M. **Paul Vincensini**, présentée par M. Jacques Hadamard.

1. Considérons l'ensemble $(\mathcal{E})$ des corps convexes fermés et bornés de l'espace euclidien à n dimensions, limités par des surfaces admettant en chaque point $n-1$ rayons de courbure principaux finis et non nuls. J'ai été amené à constater que $(\mathcal{E})$ *peut être déduit géométriquement de certains sous-ensembles bases* $(\mathcal{E}_1)$. Tous les $(\mathcal{E}_1)$ présentent le même degré de généralité et, par un procédé uniforme, chacun d'eux peut servir à la reconstitution complète de $(\mathcal{E})$. Cette reconstitution est basée sur la considération de séries linéaires de corps convexes indéfiniment prolongeables dans un sens, introduites dans une Note antérieure [1].

2. Soient C et C′ deux corps convexes de frontières S, S′, définissant la série [C, C′]. Si H et H′ sont deux hyperplans tangents à S et S′ (parallèles et également situés), l'hyperplan H_λ, parallèle à H, H′, dont le rapport algébrique des distances à H, H′ est un nombre fixe λ, enveloppe une certaine surface S_λ. Si $\lambda < 0$, S_λ est convexe et limite le corps C_λ de la série [C, C′]. En particulier, le corps $2C_{-1}$ (homothétique de C_{-1} dans une homothétie de rapport 2) est *convexe* : ce corps est le corps *somme* de C et C′. Dans la suite, nous désignerons par kC l'homothétique de C dans une

[1] *Comptes rendus*, 201, 1935, p. 761.

homothétie de rapport k, et par $C_1 + C_2$ la somme de deux corps convexes.

Si la série [C, C′] est indéfiniment prolongeable dans le sens $C \rightarrow C'$, tous les corps $C_\lambda(\lambda > 1$ sont convexes.

Désignons par Δ et Δ' les largeurs de C et C′ dans une même direction quelconque; Δ_λ étant la largeur d'un corps quelconque de la série [C, C′] ou de son prolongement, on a $\Delta_\lambda = \Delta - \lambda\Delta'/1 - \lambda$.

Rappelons que les corps convexes admettant pour domaine vectoriel un corps convexe *centré* quelconque D, sont ceux qui admettent même largeur que $1/2D$ dans toute direction.

3. Montrons comment on peut transformer l'ensemble $(e)_D$ des corps convexes admettant pour domaine vectoriel un corps D, en l'ensemble $(e)_{D'}$ des corps admettant pour domaine vectoriel un corps D′ (non homothétique à D). Soit C un corps quelconque de $(e)_D$. Envisageons le corps *convexe*

$$\sum \equiv 2k'D' + \frac{k}{2}D \qquad (k, k' > 0).$$

Donnons à k une valeur fixe quelconque *inférieure à un*. On démontre que, si l'on détermine k' de façon que le rayon de courbure principal minimum sur la frontière du corps $(k'D')$ soit supérieur au rayon de courbure maximum sur celle de C, la série [C, Σ] est indéfiniment prolongeable dans le sens $C \rightarrow \Sigma$. Supposons k' ainsi déterminé et considérons le corps $C_{1/k}$ de la série prolongée. Ce corps est convexe et sa longueur est $\Delta_{1/k} = (\delta - k/2\Delta)/(1 - k)$, δ et Δ étant les largeurs de Σ et de D dans une direction quelconque. Si Δ' est la largeur de D′, on a

$$\delta = 2k'\Delta' + \frac{k}{2}\Delta, \qquad \text{d'où} \qquad \Delta_{\frac{1}{k}} = \frac{2k'\Delta'}{1-k}.$$

Les corps $C_{1/k}$ et D′ ont, dans toute direction, des largeurs proportionnelles; il en résulte qu'à une homothétie près (que nous négligerons), $C_{1/k}$ admet D′ pour domaine vectoriel, et appartient par suite à l'ensemble $(e)_{D'}$.

On vérifie sans peine que tout corps de $(e)_{D'}$ se déduit, par la construction précédente, d'un certain corps de $(e)_D$. La construction *fournit par suite un procédé de transformation des ensembles* $(e)_D$ *les uns dans les autres.*

4. Considérons maintenant, dans l'ensemble $(\mathcal{E})$ des corps convexes de l'espace admettant, en chaque point frontière, $n - 1$ rayons de courbure principaux, le sous-ensemble $(\mathcal{E}_1)$ somme des deux ensembles $(e)_{D_0}$ et (γ) suivants :

$(e)_{D_0}$ est un ensemble $(e)_D$ particulier arbitrairement choisi, *par exemple l'ensemble des corps de largeur constante;*

(γ) est l'ensemble des corps *centrés.*

Au moyen des seuls corps de $(\mathcal{E}_1)$ on peut construire *tous les corps de l'ensemble total* $(\mathcal{E})$. En effet, d'une part tout corps de $(\mathcal{E})$ appartient à un $(e)_D$ déterminé, défini par un certain corps centré D de l'ensemble (γ), et d'autre part la construction du n° 3 permet d'obtenir tous les corps de $(e)_D$ à partir de $(e)_{D_0}$ et du corps D.

Ainsi, conformément au résultat annoncé, *chacun des ensembles* $(\mathcal{E}_1) = (e)_D + (\gamma)$, *obtenus en choisissant pour* $(e)_D$ *l'ensemble des corps convexes admettant pour domaine vectoriel un corps quelconque* D *de* (γ), *est la base d'une reconstitution complète de* $(\mathcal{E})$.

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Sur un théorème de M. Mandelbrojt.* Note (¹) de M. **Arnaud Denjoy**, présentée par M. Jacques Hadamard.

Je voudrais ajouter quelques corollaires au remarquable théorème énoncé par M. Mandelbrojt (²). J'utiliserai ci-après les notations du même auteur. Soient

$$f(z) = a_0 + a_1 z + \ldots + a^n z^n + \ldots, \tag{1}$$

$$g(z) = a_0 + \frac{a_1}{z} + \ldots + \frac{a_n}{z_n} + \ldots. \tag{2}$$

Soient C le cercle de convergence de la série (2), R son rayon, E_0 l'ensemble des points singuliers de g situés sur C; C', $R' = 1/R$, E'_0 les élément analogues relatifs à (1). Soit E_1 l'ensemble des points singuliers de $g(z)$ situés sur un cercle auquel nul point de E_0 n'est extérieur. Et de même E'_1 sera l'ensemble des points singuliers de $f(z)$ situés sur un cercle contenant à son intérieur l'origine et nul point de E'_0. (En réalité il s'agit des singularités des fonctions analytiques f et g prolongées au plus une fois.)

I. *La méthode de M. Mandelbrojt fournit non seulement* E_0 (*et* E'_0), *mais aussi* E_1 (*et* E'_1).

Soit θ un argument quelconque. ω variant de $\theta - \pi$ à $\theta + \pi$, soient φ et ψ les nombres respectivement maximum et minimum tels que tous les

(¹) Séance du 24 mai 1937.

(²) *Comptes rendus*, 204, 1937, p. 1456.

points singuliers de g situés sur C aient leurs arguments ω vérifiant $\varphi \leqq |\omega - \theta| \leqq \psi$. ($E_1$ est dans l'ensemble des segments de cercle limités par une corde et un arc de C d'extrémités angulaires $\theta - \varphi$, $\theta + \varphi$.)

Soit $u = he^{i\theta}$, h étant réel. Posons

(3) $d_n(u) = d_n(he^{i\theta}) = a_n + C_n^1 a_{n-1} u + \ldots + a_0 u^n, \qquad R(u) = \overline{\lim_{n=\infty}} \sqrt[n]{|d_n(u)|}.$

On a

$$(4) \qquad \frac{z}{z+u} \sum \frac{d_n(u)}{(z+u)^n} = \sum \frac{a_n}{z^n} = g(z),$$

dans la région extérieure à la fois aux cercles $|z| > R$ et $|z+u| > R(u)$. $g(z)$ et la série du premier membre ont les mêmes singularités E_0, E_1, sauf si $g(z) = a_0 + a_1/z + u$. Pour éviter cette exception il suffirait de substituer à $d_n(u)$

$$\delta_0(u) = a_0, \qquad \delta_1(u) = a_1,$$
$$\delta_n(u) = a_n + C_{n-1}^1 a_{n-1} u + \ldots + C_{n-1}^p a_{n-p} u^p + \ldots + a_1 u^{n-1} \qquad (n \geqq 2).$$

Au lieu de $d_n(u)$, on peut utiliser

$$d_{n,r}(u) = \sum_{p=0}^{p=n} a_{n-p} C_{n+r-1}^p u^p,$$

si r est un entier positif. Si $|u| < R$, r peut être quelconque.

Le théorème de M. Mandelbrojt est le suivant :

$$(5) \qquad \frac{\partial R}{\partial h}(+0, \theta) = \cos\varphi, \qquad \frac{\partial R}{\partial h}(-0, \theta) = \cos\psi.$$

La fonction $d_n(u)$ [et aussi $d_{n,r}(u)$] est une fonction $F_n(a_0, a_1, \ldots, a_n, u)$ *satisfaisant au principe de Huyghens* sur lequel M. Hadamard a maintes fois appelé l'attention. $d_n(u+u')$ est la même fonction F_n de $d_0(u)$, $d_1(u)$, ..., $d_n(u)$ et de u'. La formule (4) le montre immédiatement. Supposons $h > 0$. Le cercle $C(-u)$ de centre $-u$ et de rayon $R(u)$ passe par un ou plusieurs points de E_1 qui forment pour $C(-u)$ l'ensemble analogue à E_0 sur C. Mais le nombre $R(u')$ relatif à ce cercle $C(-u)$ est identique au nombre $R(u+u')$ relatif à C. On peut donc déterminer sur $C(-u)$ les points de E_1 comme on le fait pour ceux de E_0 sur C. Posant $u' = \varepsilon e^{i\theta + i\theta'}$, on calculera $\partial R/\partial\varepsilon(u+u')$ pour $\varepsilon = \pm 0$, ce qui donne une combinaison linéaire de $\partial R/\partial h(h \pm 0, \theta)$ et de $\partial R/\partial\theta(h, \theta \pm 0)$.

En particulier, si l'on donne à u' le même argument qu'à u, on voit que

$\partial R/\partial h(h+0, \theta)$ et $\partial R/\partial h(h-0, \theta)$ *sont les cosinus extrêmes des angles au centre des points de* E_1 *situés sur* $C(-u)$.

Les cercles $(z+he^{i\theta})(\bar{z}+he^{-i\theta}) = R^2(h, \theta)$ (θ constant) ont une enveloppe, chacun ayant un point limite commun unique avec les cercles infiniment voisins, antérieurs d'une part, ultérieurs d'autre part. Ces points limites sont les points extrêmes de E_1, ou leurs symétriques par rapport à l'axe d'argument θ, situés sur $C(-u)$.

Étudions le cas : h infiniment petit positif, $\theta = 0$, auquel se ramènent tous les autres, donc la partie e_1 de E_1 voisine de $Re^{\pm i\varphi}$, et située dans les régions $z = re^{i\omega}$, $|z - Re^{\pm i\varphi}| < \varepsilon$, $-\varphi < \omega < \varphi$. Soit

$$R(h, 0) = \sqrt{R^2 + 2Rh\cos\varphi + h^2} + \lambda h.$$

λ n'est pas négatif et, d'après le théorème de M. Mandelbrojt, λ tend vers zéro avec h. *Pour que* e_1 *n'ait aucun point dans un angle de sommet* $Re^{\pm i\varphi}$, ayant pour l'un de ses côtés le rayon $(Re^{\pm i\varphi}, \infty e^{\pm i\varphi})$ et son ouverture supérieure à $\pi/2$, tournée vers les z réels positifs, *il faut et il suffit que* $\lambda = 0$ *dans un intervalle* $0 < h < \eta$.

Si $\lambda < Ch$, *la courbure de* e_1 *au point* $Re^{\pm i\varphi}$ *surpasse* $1/R$.

II. De la formule (5) résulte cette proposition : *La condition nécessaire et suffisante pour que la série* (1) *n'admette qu'un point singulier sur le cercle de convergence est que, pour au moins une valeur de* θ, *et dès lors pour toutes,*

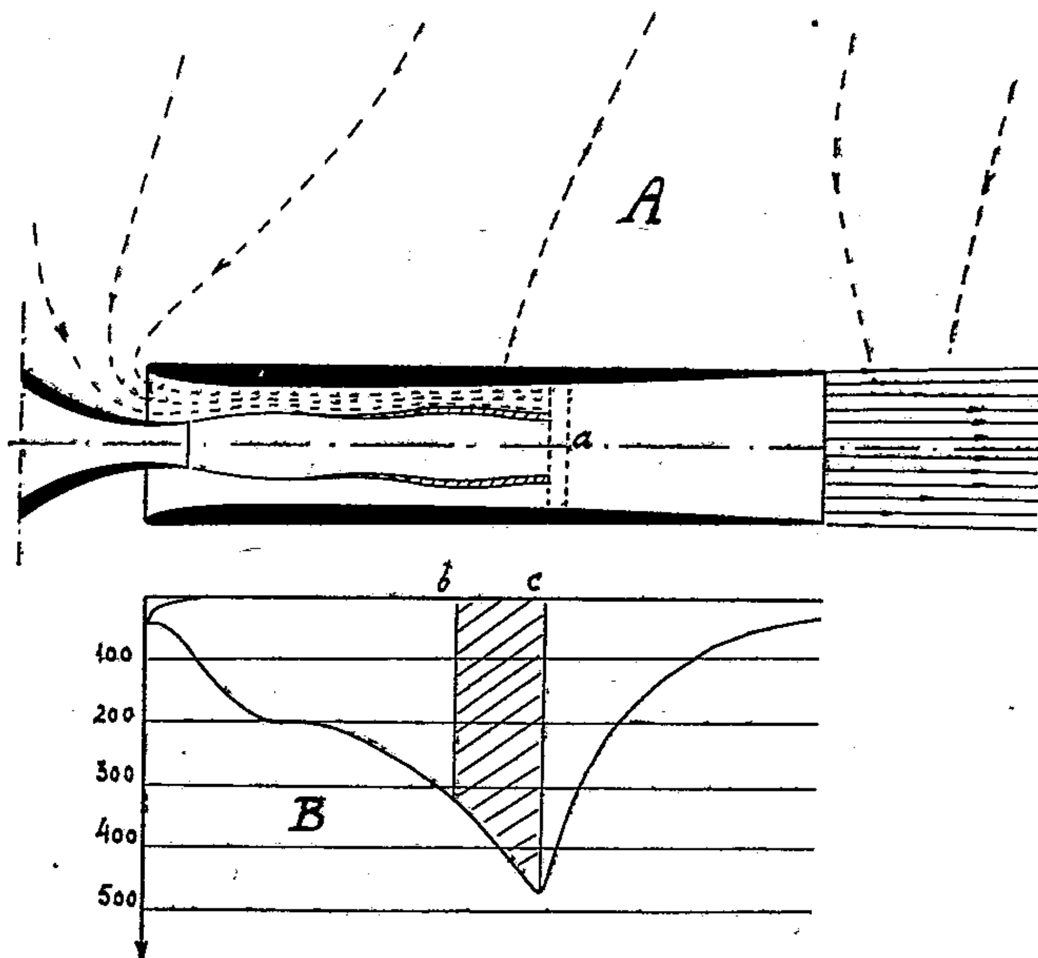
$$\frac{\partial R}{\partial h}(+0, \theta) + \frac{\partial R}{\partial h}\left(+0, \theta + \frac{2\pi}{3}\right) + \frac{\partial R}{\partial h}\left(+0, \theta + \frac{4\pi}{3}\right) = 0.$$

III. Pour que E_0 et E'_0 se réduisent au point 1, il faut et il suffit que $\partial R/\partial h(-0, 0) = 1$. Soit $\Sigma \alpha_n z^n$ une série vérifiant cette condition. D'après un théorème de M. Hadamard, si $F(z) = \Sigma a_n \alpha_n z^n$, l'ensemble $E'_0(F)$ relatif à F est inclus dans E'_0, et sous certaines conditions générales, $E'_0(F)$ est identique à E'_0. Pour la recherche de points de E_0 on peut donc remplacer tous les a_n par les $\alpha_n a_n$. Il est vraisemblable que la même propriété est exacte pour l'ensemble E_1. Cette remarque peut, grâce à l'indétermination des α_n, permettre dans certains cas de simplifier le calcul de $R(h, \theta)$.

MÉCANIQUE DES FLUIDES. — *Sur les trompes à réaction à écoulement supersonique.* Note (¹) de M. **Joseph Chalom**, présentée par M. Henri Villat.

L'étude de l'augmentation de l'effort de réaction d'un jet propulseur au point fixe, du fait de l'adjonction d'une trompe convergente-divergente, m'a permis de constater que lorsque les vitesses du fluide moteur dépassent la célérité du son et que celles du fluide entraîné s'en approchent, l'augmentation de la réaction atteint un maximum puis décroît, s'annulle et devient même négative, lorsque la pression initiale du fluide moteur continue à croître.

J'ai poursuivi mes recherches avec des méthodes visuelles à l'aide d'un



A, écoulement schématique au point fixe; *a*, onde de choc; B, courbe des dépressions sur les parois de la trompe; *bc*, région des vitesses supersoniques dans le fluide entraîné.

interféromètre mis au point par M. Dupuy qui a bien voulu me mettre au courant de l'emploi de cet appareil. Ci-dessus j'ai représenté l'évolution des fluides moteur et entraîné déduite de l'étude interférométrique. Les constatations faites sont les suivantes :

(¹) Séance du 24 mai 1937.

Lorsque le fluide moteur atteint des vitesses supersoniques, l'écoulement de ce fluide se fait d'une façon ondulatoire, produisant des gonflements successifs de la veine motrice. La section maxima de ce gonflement croît avec la pression initiale du fluide moteur et par ce fait diminue la section de passage du fluide entraîné. Lorsque ce dernier atteint des vitesses voisines de la célérité du son, son débit diminue proportionnellement à la section de passage minimum. On conçoit que pour une pression initiale déterminée du fluide moteur, le gonflement de la veine motrice remplisse toute la section disponible de la trompe et de ce fait le débit entraîné devient nul. Dans ce cas au lieu d'avoir une augmentation de la quantité de mouvement initiale on aura une diminution de cette dernière.

De ces constatations j'ai conclu qu'une modification du profil du diffuseur s'imposait. J'ai trouvé que dans les conditions de fonctionnement envisagées c'est le profil divergent-convergent qui convient le mieux. En effet, il permet d'avoir dans une large limite des pressions initiales une section de passage constante pour le fluide entraîné. De plus il permet d'amortir le mouvement ondulatoire du fluide moteur et de diminuer les pertes dues à l'onde de choc.

J'ai fait des essais comparatifs par la méthode de la balance, de deux trompes ayant des diffuseurs aux profils précédemment mentionnés, les sections à la sortie étant de même dimension ainsi que le jet moteur. Les résultats obtenus sont résumés dans le tableau ci-dessous.

Jet moteur	Augmentation de la réaction (pour 100).	
Pression motrice effective en kg/cm².	Trompe convergente-divergente.	Trompe divergente-convergente.
1	7	1,5
1,5	8	6
2	3	2,5
2,5	2,2	2
3	7,2	7,5
3,5	0,5	4
4	0	2,5

D'après ce tableau, on voit que pour les pressions motrices supérieures à 3 kg/cm², le profil divergent-convergent devient nettement supérieur pour les dimensions considérées, tandis que, pour les basses pressions, c'est le phénomène inverse qu'on observe.

La présence de deux maxima observée pour 1,5 et 3 kg/cm² est due à l'onde de choc évoluant dans le divergent de la tuyère de détente du fluide moteur.

MÉCANIQUE ONDULATOIRE. — *Sur la solution de l'équation de Schrödinger.* Note de M. **Assène Datzeff**, présentée par M. Louis de Broglie.

Dans une Note précédente ([1]) j'ai indiqué une méthode de résolution du problème du passage des corpuscules à travers des barrières de potentiel dans le cas d'une seule dimension. On en tire comme conséquence la solution de l'équation de Schrödinger. Les notations déjà introduites seront employées ici. La barrière qui s'étend de x_0 à x' est divisée en n parties. L'équation admet comme solution Ψ_k dans la barrière (x_k, x_{k+1}) une combinaison linéaire de deux ondes planes monochromatiques d'amplitudes A_k et B_k. Les conditions de continuité permettent d'éliminer A_k et B_k, et l'on arrive à une relation entre A_0, B_0 et A_n à l'aide d'une matrice M. Ses éléments sont des sommes infinies des intégrales, les intégrations s'étendent de x_0 à x'. Si l'on élimine les amplitudes de A_0, B_0 jusqu'à A_k, B_k, on trouve une relation entre A_0, B_0, A_k, B_k à l'aide de la matrice M, mais les intégrations s'étendent de x_0 à x_k. Donc A_k et B_k s'expriment comme des fonctions de x_k, c'est-à-dire de x, et la solution Ψ_k de l'équation dans la barrière (x_k, x_{k+1}) sera une solution exacte de l'équation de Schrödinger, valable pour toutes les valeurs de x entre x_0 et x'. En faisant le passage $x_0 \to -\infty$, $x' \to +\infty$, la solution Ψ dans la barrière devient la solution de l'équation pour tout x.

Si $U(\infty)=\infty$ ($U(x)$ est l'énergie potentielle), il en résulte que $\Psi(\infty)=0$, ce qui entraîne (comme dans le cas du paradoxe de l'oscillateur harmonique) des valeurs nulles de Ψ pour des valeurs finies de x. On trouvera des valeurs finies de Ψ pour certaines valeurs de l'énergie E : ces valeurs propres. Donc le problème des valeurs propres est ramené à un problème de maximum par rapport au paramètre E.

Cette méthode de barrières peut être appliquée à la solution de l'équation de Schrödinger pour n corpuscules en mouvement quelconque. Considérons d'abord deux corpuscules différents (x) et (y) en mouvement sur une ligne droite OX, entre x_0 et x'. Leur énergie potentielle est de la forme $U = U_1(x) + U_2(y) + U_{12}(x-y)$. Divisons x_0x' en n intervalles. A un moment donné les corpuscules se trouvent respectivement dans les intervalles (x_k, x_{k+1}) et (y_l, y_{l+1}) $(k, l = 1, 2, \ldots, n)$. On peut considérer

([1]) *Comptes rendus*, **204**, 1937, p. 558.

que (x) se meut dans une barrière élémentaire de base $x_{k+1} - x_k$ et de hauteur $\lambda_{k,l} = U_1(x_k) + U_{12}(x_k - y_l)/2$. De même (y) est dans une barrière de base $y_{l+1} - y_l$ et de hauteur $\mu_{k,l} = U_2(y_l) + U_{12}(x_k - y_l)/2$. Donc, pour de petits déplacements des corpuscules, chacun d'eux se meut dans un champ constant. Les deux mouvements se séparent, et l'on aura une solution $\Psi_{k,l}$ de l'équation

$$\Psi_{k,l}(x, y) = (A_k e^{-i\alpha_{k,l}x} + B_k e^{i\alpha_{k,l}x})(C_l e^{-i\beta_{k,l}y} + D_l e^{i\beta_{k,l}y}),$$

où $\alpha^2_{k,l} = 8\pi^2 m_1/h^2(E - \lambda_{k,l} - \rho)$, $\beta^2_{k,l} = 8\pi^2 m_2/h^2(\rho - \mu_{k,l})$, ρ est la constante de séparation. Quand (x) passe de la barrière (x_k, x_{k+1}) dans la barrière (x_{k+1}, x_{k+2}), $\Psi_{k,l}$ et sa dérivée par rapport à x doivent être continues pour $x = x_{k+1}$ $(k = 1, 2, \ldots, n-1)$. Ainsi se trouve une suite de relations linéaires entre les amplitudes A_k et B_k. Comme dans la Note précédente on trouve A_n, B_n en fonction de A_0, B_0 à l'aide d'une matrice M, exactement de la forme étudiée. Ses éléments sont des fonctions de x et de y, mais les intégrations sont effectuées sur x.

Les mêmes raisonnements peuvent être faits sur (y). La fonction $\Psi_{k,l}$ et sa dérivée par rapport à y doivent être continues pour $y = y_l (l = 1, \ldots, n)$. On trouve donc C_n, D_n en fonction de C_0, D_0 à l'aide d'une matrice $N = |n_{\alpha,\beta}|$ $(\alpha\beta = 1, 2)$ de la même forme que M. Les $n_{\alpha\beta}$ sont des fonctions de x et de y, les intégrations sont faites par rapport à y.

Les intégrales dans les éléments de M et de N sont étendues de x_0 à x'. Mais si l'on calcule A_k, B_k et C_l, D_l respectivement en fonction de A_0, B_0 et C_0, D_0, les intégrations dans les éléments des matrices correspondantes seront étendues de x_0 à x_k, respectivement de x_0 à y_l, et A_k, B_k, C_l, D_l seront des fonctions connues de x_k et de y_l. La fonction $\Psi_{k,l}$ ainsi constituée est une solution de l'équation de Schrödinger. Pour le démontrer, on fixe la valeur de y et l'on calcule d'une manière élémentaire la valeur de $\partial^2\Psi/\partial x^2$, connaissant la valeur de Ψ pour trois valeurs voisines x_k, x_{k+1}, x_{k+2} de x. De même pour $\partial^2\Psi/\partial y^2$. En les remplaçant dans l'équation, on trouve identiquement zéro. Si $x_0 \to -\infty$ et $x' \to +\infty$, la solution Ψ est valable pour tout x et pour tout y. La question de convergence des suites infinies dans les éléments des matrices est même comme celle des $m_{\alpha\beta}$ de la Note précédente.

La même méthode est applicable pour n particules dans l'espace. On doit faire les mêmes considérations pour les $3n$ coordonnées x_i, y_i, z_i. La fonction Ψ est le produit de $3n$ expressions linéaires, chacune d'elles ayant

deux amplitudes, qui se calculent de même, à l'aide de $3n$ matrices semblables à M.

Quand les particules sont identiques, on peut les interchanger, et la solution générale est une combinaison linéaire entre $n!$ fonctions (phénomène d'échange).

MÉCANIQUE ONDULATOIRE. — *La Mécanique ondulatoire relativiste des systèmes et l'interaction de la lumière et de la matière.* Note de M. **Jean-Louis Destouches**, présentée par M. Louis de Broglie.

Dans une série de travaux ([1]) nous avons jeté les bases de la Mécanique ondulatoire relativiste des systèmes et dans une Note ([2]) récente nous avons donné l'expression de l'opérateur d'interaction de deux corpuscules de Dirac. Nous voulons maintenant donner l'expression de l'opérateur d'interaction d'un système de n corpuscules de Dirac, puis appliquer ces résultats à l'interaction d'un photon et d'un électron.

1. L'opérateur d'interaction $\mathcal{R}$ est déterminé par les conditions

$$\mathbf{T}_{\mu}^{+}\mathcal{R} + \mathcal{R}\mathbf{T}_{\mu} = 0, \qquad \mathbf{T}_{\mu\nu}^{+}\mathcal{R} + \mathcal{R}\mathbf{T}_{\mu\nu} = 0 \qquad (\mu, \nu = 1, 2, 3). \tag{1}$$

En outre, nous admettrons un *principe de superposition des interactions* (équivalent au principe classique de superposition des forces) sous la forme suivante :

$$\mathcal{R} = \sum_{ij} \mathcal{R}_{ij}\mathbf{A}^{(ij)},$$

$\mathbf{A}^{(ij)}$ étant un opérateur indépendant des corpuscules (i) et (j) et de carré égal à l'unité.

Ce principe doit être ajouté comme postulat à la liste de ceux déjà admis. Il est indépendant des autres postulats et compatible avec eux.

En portant la forme de $\mathcal{R}$ ainsi admise dans les équations (1) on détermine les opérateurs $\mathbf{A}^{(ij)}$. On a, en effet,

$$\mathbf{A}_0^{(ij)}\mathfrak{A}^{(ij)}\mathbf{A}^{(ij)} - \mathbf{A}^{(ij)}\mathbf{A}_0^{(ij)}\mathfrak{A}^{(ij)} = 0, \qquad \mathbf{T}_{\mu}^{k}\mathbf{A}_0^{ijk}\mathfrak{A}^{ijk}\mathbf{A}^{ij} + \mathbf{A}^{ij}\mathbf{T}_{\mu}^{k}\mathbf{A}_0^{ijk}\mathfrak{A}^{ijk} = 0.$$

([1]) *Comptes rendus*, **199**, 1934, p. 813; **202**, 1936, p. 387 et 921; **203**, 1936, p. 924; **204**, 1937, p. 849; *Journ. de Phys.*, **6**, 1935, p. 329; **7**, 1936, p. 305, 354 et 427; **8**, 1937, p. 145.

([2]) *Comptes rendus*, **204**, 1937, p. 1403.

Dans le cas de corpuscules de Dirac, où $a^i_\mu = \alpha^i_\mu$, on trouve pour $\mathbf{A}^{(ij)}$ une solution et une seule

$$\mathbf{A}^{(ij)} = \prod_{k \neq i,j} \alpha^k_5.$$

Ceci établit la compatibilité du postulat ainsi ajouté. Son indépendance se démontre par l'existence de solutions $\mathcal{R}$ des équations (1) de la forme $\mathcal{R}_{ij}\mathcal{R}_{kl}$ qu'il oblige à rejeter.

2. Comme système nous pouvons considérer en particulier celui composé d'un photon et d'un électron (ou positon). Le photon étant formé de deux corpuscules, nous avons un système de trois corpuscules élémentaires : (1) neutrino, (2) antineutrino, (3) électron. Ceci nous fixe la forme de l'opérateur d'interaction $\mathcal{R}$, d'après le postulat précédent,

$$\mathcal{R} = \mathcal{R}_{12}\alpha^3_5 + \mathcal{R}_{13}\alpha^2_5 + \mathcal{R}_{23}\alpha^1_5.$$

Comme l'équation du photon de M. Louis de Broglie est celle du centre de gravité de ses constituants, le terme $\mathcal{R}_{12}$ n'intervient pas dans l'interaction photon-électron. De plus, on peut identifier r_{13} et r_{23} avec la distance r du photon à l'électron et l'on doit supposer que $g_{13}(r_{13}) = g_{23}(r_{23})$. L'opérateur $\mathcal{R}_{13}\alpha^2_5 + \mathcal{R}_{23}\alpha^1_5$, dont l'expression développée s'obtient aisément en remplaçant $\mathcal{R}_{13}$ et $\mathcal{R}_{23}$ par leur expression donnée dans une Note précédente ([2]). En remplaçant certaines combinaisons d'opérateurs α figurant dans ce développement par les opérateurs attachés au photon ou à l'électron qu'elles définissent, nous obtenons la forme définitive de l'opérateur d'interaction d'un photon et d'un électron

$$\mathcal{R}_{\text{p, él}} = \delta(r)\left\{\frac{e}{c}\left(\mathcal{V} - \vec{\mathcal{A}}\vec{\alpha}^{(3)}\right) - 2\frac{m_0}{\mu_0}\left(\vec{\mathbf{E}}\vec{\mathbf{P}} + i\vec{\mathbf{H}}\vec{\mathfrak{M}}\right)\right.$$
$$\left. + \mathbf{A}_4\alpha^{(3)}_4 + \mathbf{A}_5\alpha^{(3)}_5 + \mathbf{A}_{123}\alpha^{(3)}_{123} - \frac{8\pi^2}{h^2}\vec{\mathbf{N}}_{\text{p}}\vec{\mathbf{N}}_{\text{él}}\right\}\alpha^1_5\alpha^2_5\alpha^3_5,$$

$\mathcal{V}$, $\vec{\mathcal{A}}$, $\vec{\mathbf{E}}$, $\vec{\mathbf{H}}$, $\vec{\mathbf{N}}_{\text{p}}$ sont respectivement les opérateurs potentiel scalaire, potentiel vecteur, champs électrique et magnétique, spin, attachés au photon; $-c\vec{\alpha}^{(3)}$, $\vec{\mathbf{P}}$, $\vec{\mathfrak{M}}$, $\vec{\mathbf{N}}_{\text{él}}$ sont respectivement les opérateurs vitesse, moment électrique, moment magnétique, spin, attachés à l'électron. Les opérateurs $\mathbf{A}_4$, $\mathbf{A}_5$, $\mathbf{A}_{123}$, $\vec{\mathbf{N}}_{\text{p}}$ attachés au photon sont nuls en moyenne. m_0 est la masse de l'électron, $2\mu_0$ celle du photon. L'effet de l'opérateur $\alpha^1_5\alpha^2_5$ en facteur est de changer la solution d'annihilation du photon δ_{ik} en $-\delta_{ik}$, ce qui ne produit aucune altération effective.

L'opérateur traduisant l'interaction d'un photon et d'un électron a une forme qui se raccorde bien avec les expressions classiques de l'électromagnétisme.

ASTRONOMIE STELLAIRE. — *Sur les amas d'étoiles en équilibre cinétique.* Note de M. **Henri Mineur**, présentée par M. Jean Perrin.

1. Je considère un amas composé de N étoiles dont le centre C décrit un cercle du plan galactique; l'axe $C\xi$ étant dirigé dans le plan galactique vers l'anticentre, $C\eta$ étant perpendiculaire au précédent dans le plan galactique, le potentiel de gravitation de la galaxie au voisinage de C est

$$U_1 = -\frac{1}{2}n^2[(\xi + R_0)^2 + \eta^2] - \frac{1}{2}\alpha\xi^2,$$

où n et α sont deux constantes que l'étude des mouvements des étoiles permet d'évaluer

$$n = -3{,}07.10^{-8}, \qquad \alpha = -0{,}195.10^{-14}$$

(unités : parsec, masse solaire, année).

2. J'assimile le champ de gravitation de l'amas à celui d'un ellipsoïde E d'axes a, b, c, suivant $C\xi$, η, ζ, rempli d'une densité stellaire homogène ρ_0, le potentiel correspondant est

$$U_2 = \frac{1}{2}\beta_0 - \frac{1}{2}\beta_1\xi^2 - \frac{1}{2}\beta_2\eta^2 - \frac{1}{2}\beta_3\zeta^2;$$

les β_i sont des fonctions connues de N, a, b, c.

J'adopte pour densité stellaire ρ de l'amas

$$\rho = \frac{N\theta^{\frac{3}{2}}}{\pi^{\frac{3}{2}}abc}e^{-\theta\left[\frac{\xi^2}{a^2}+\frac{\eta^2}{b^2}+\frac{\zeta^2}{c^2}\right]},$$

où θ est une constante, la considération du moment d'inertie de l'amas et le théorème du viriel me conduisent à prendre $\theta = 2{,}5$.

3. J'écris que l'amas est en équilibre cinétique c'est-à-dire en équilibre statistique sous l'influence des passages mutuels des étoiles de ses étoiles. Il faut pour cela que la loi de distribution des coordonnées ξ, η, ζ et de leurs moments p_ξ, p_η, p_ζ soit

$$\text{const.}\, e^{-hH},$$

où H est l'énergie d'une particule par rapport aux axes $C\xi$, η, ζ. En identifiant

la densité ρ déduite de la loi précédente à la densité adoptée, je trouve les conditions

$$a^2(\alpha+\beta_1)=b^2\beta_2=c^2\beta_3.$$

4. En remplaçant α, β_1, β_2 et β_3 par leurs expressions dans les conditions précédentes, on trouve que l'ellipsoïde E doit être de révolution et allongé autour de $C\xi$ et que

$$-\frac{\alpha}{\pi f \rho_0}=f(\varphi),$$

où $\cos\varphi=b/a$ et où $f(\varphi)$ désigne une fonction numérique de φ nulle pour $b/a=0$ et $b/a=1$ et maximum et égale à 0,281 pour $b/a=0,512$. On en déduit que la densité d'un amas en équilibre cinétique est supérieure à une certaine limite, qui est de 0,5 soleil par parsec cube.

Les amas galactiques ont une densité supérieure à cette limite alors que les régions ordinaires de la voie lactée ont une densité inférieure.

5. J'établis que les amas en équilibre cinétique dépendent de deux paramètres φ et N, toutes les caractéristiques de l'amas sont fonctions de ces quantités.

L'amas est animé d'un mouvement de rotation d'ensemble de même sens et de même vitesse angulaire que la galaxie et les vitesses résiduelles sont distribuées sphériquement avec une dispersion σ_0. La densité ρ_0, les quantités $aN^{-1/3}$, $bN^{-1/3}$ et $\sigma_0 N^{-1/3}$ sont des fonctions de φ dont j'ai dressé des tables.

6. Je donne trois preuves du fait que les amas galactiques (Pléiades, M. 11) sont en équilibre cinétique.

Le calcul du temps de relaxation de ces amas donne des nombres de 10^6 à 10^8 années, très inférieurs à l'âge de la voie lactée, les amas peuvent donc être présumés en équilibre cinétique.

Les amas galactiques contiennent en moyenne quelques centaines d'étoiles et ont des allongements faibles ($0,6<b/a<0,95$); la théorie permet de calculer leur demi-petit axe d'après les deux données précédentes et donne pour ce demi-axe 2,5 parsecs; or l'observation donne un demi-petit axe moyen de 2 parsecs.

La vérification précédente est d'autant plus remarquable que la théorie établie ne contenait aucune constante dont nous puissions disposer pour la faire cadrer avec l'observation.

Enfin la théorie prévoit une dispersion σ_0 des vitesses résiduelles des étoiles d'un amas de l'ordre de 0,1 km/sec, or l'étude des vitesses radiales

des étoiles de 25 amas déterminées par Ph. Hayford révèle une dispersion négligeable de ces vitesses.

7. Les amas galactiques constituent ainsi des formations qui, comparées à des masses gazeuses, dont les molécules seraient des étoiles, ont une température très basse par rapport à celle de la voie lactée environnante. Le rapport des carrés des vitesses quadratiques moyennes des étoiles dans un amas et dans la voie lactée est environ 10^3.

ASTRONOMIE. — *Sur la fréquence des concentrations en nébuleuses extragalactiques décelées par les sondages de Hubble.* Note de MM. **Paul Bourgeois** et **Jacques Cox**, présentée par M. Ernest Esclangon.

Hubble a montré que c'est une courbe asymétrique qui représente les fréquences des concentrations en nébuleuses de l'espace extragalactique (*The Realm of the Nebulae*, p. 74-75). Il a aperçu que le rétablissement de la symétrie est obtenu par le passage aux logarithmes et cela si exactement que cette propriété suggère, dit-il, une propriété des nombres plutôt qu'une propriété de la distribution des nébuleuses. Il expose qu'une explication satisfaisante n'a pas été trouvée par le traitement mathématique, ce qui rend, selon lui, la dernière hypothèse hautement probable. Il interprète ainsi la propriété de la courbe comme une description et une mesure de la tendance des nébuleuses à se réunir.

Cette interprétation appelle, semble-t-il, une remarque complémentaire basée sur cette constatation que l'on se trouve dans un cas d'application de la théorie selon laquelle une asymétrie de la courbe de fréquence s'introduit lorsque l'effet Δx des causes élémentaires dépend de x (la concentration dans le cas qui nous occupe) [1].

Les fréquences égales correspondent ici à des abscisses qui, dans le cas de l'échelle logarithmique, sont données par les termes d'une progression arithmétique également éloignés d'un terme central. Si l'on repasse des logarithmes aux nombres, la représentation exprime que les fréquences égales correspondent aux termes d'une progression géométrique, ou encore à des nombres obtenus en multipliant et en divisant la concentration la plus fréquente C par un même coefficient.

L'égale probabilité des concentrations $C.n$ et C/n est la manifestation

(1) Cf. Jordan, *Statistique mathématique*, Paris, 1927, p. 217 et suiv.

d'une compensation en ce sens qu'à tout sondage caractérisé par une concentration n fois plus riche que la concentration la plus fréquente, doit correspondre précisément un sondage n fois plus pauvre.

La constitution d'agglomérations de nébuleuses aux dépens d'un milieu caractérisé primitivement par une distribution assez uniforme de ces objets créerait nécessairement une relation entre les concentrations des champs photographiques adjacents. Un volume déterminé ne pourrait s'enrichir n fois en nébuleuses que si, par exemple, n volumes équivalents au moins s'appauvrissaient n fois simultanément (ou inversement), et ceci ne paraît pas être une conclusion compatible avec l'interprétation que nous donnons du dénombrement.

Il faudrait connaître les distances des objets recensés pour aborder une étude plus détaillée de ce problème.

ASTRONOMIE PHYSIQUE. — *La coopération internationale pour l'observation continue du Soleil et ses premiers résultats.* Note de M. **Lucien d'Azambuja**, présentée par M. Ernest Esclangon.

I. Parmi les manifestations de l'activité solaire auxquelles on a cru pouvoir attribuer certains troubles du magnétisme ou de l'électricité terrestres, les *éruptions chromosphériques*, caractérisées par l'éclat exceptionnel que prend, pendant un temps très court, une région du disque étroitement localisée, ont attiré spécialement l'attention à la suite d'une observation de G. E. Hale (¹), effectuée en 1926, qui montra un de ces phénomènes, suivi à deux jours d'intervalle par un violent orage magnétique. L'astronome américain s'était servi, pour étudier les phases de l'éruption, du *spectrohélioscope* dont il venait de terminer la mise au point. Il fit aussitôt construire vingt-cinq exemplaires identiques du nouvel instrument et les mit à la disposition d'observatoires convenablement répartis autour du Globe, avec l'idée de provoquer une entente pour surveiller sans arrêt la chromosphère et y déceler les éruptions (²).

J'ai été appelé à poursuivre la réalisation de cette idée comme président de la *Commission des phénomènes chromosphériques*, formée au sein de l'*Union astronomique internationale* par le Congrès de 1932. A l'heure

(¹) *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 12, 1926, p. 286.

(²) G.-E. Hale, 3ᵉ *Rapport de la Commission des relations entre phénomènes solaires et terrestres*, 1931, p. 78.

actuelle, la plupart des Observatoires munis de spectrohélioscopes ont répondu à l'invitation qui leur avait été adressée et participent à la coopération. Les heures d'observation de chacun ont été fixées de manière à réduire au minimum les lacunes dans la surveillance du Soleil et les résultats centralisés à Meudon, où ils sont réunis sous une forme homogène avant d'être insérés dans le *Bulletin for character figures of solar phenomena*, publié trimestriellement sous les auspices de l'U. A. I. et largement diffusé parmi les Géophysiciens. Au cours du quatrième trimestre 1936, grâce à la nouvelle organisation, il y a eu un seul jour sans observation. La durée moyenne de la surveillance quotidienne a été de 9^h36^m, alors qu'elle ne dépassait probablement pas une heure quand elle dépendait seulement des quelques spectrohéliographes en service régulier. Le 5 octobre, le Soleil a été observé pendant 19 heures consécutives.

II. Je me bornerai à considérer les résultats obtenus dans l'intervalle du 1er juillet 1935 au 31 décembre 1936, dont le début a coïncidé avec une reprise notable de l'activité solaire, après le minimum de 1933, et qui se termine avec la dernière liste d'éruptions publiée.

Dans cette période, 768 éruptions ont été signalées, soit 1,4 par jour, environ; ce qui montre, en passant, que le phénomène n'est pas exceptionnel, comme on l'avait cru d'abord, mais au contraire extrêmement fréquent en période d'activité solaire. Il se précise en outre que les éruptions apparaissent à peu près toujours dans les *plages faculaires*. Trois fois sur quatre, c'est seulement pendant la croissance des plages, au moment où s'y forment les taches, que le phénomène se produit. Certaines de ces régions actives sont alors le siège de nombreuses éruptions, jusqu'à 25, en quelques jours. La faible durée de leur activité semble indiquer qu'elles ne jouent aucun rôle dans la récurrence de divers phénomènes terrestres, dont la période est égale ou multiple de la durée moyenne de la rotation synodique du Soleil. La présence des éruptions paraît être une phase normale de l'évolution des plages faculaires. En effet, sur 122 plages ayant persisté pendant au moins deux rotations, au cours des dix-huit mois considérés, 99 ont montré des éruptions. Encore, ce résultat ne tient-il pas compte de la probabilité, pour les plages restantes, d'avoir été actives au cours de leur passage dans l'hémisphère invisible du Soleil.

La coopération n'a apporté jusqu'ici aucun élément nouveau à l'étude des relations entre les éruptions et les orages magnétiques terrestres. D'ailleurs, aucun orage très intense ne s'est produit pendant les dix-huit mois considérés. Par contre, une correspondance presque instantanée a

été signalée par plusieurs auteurs ([3]) entre le phénomène solaire, quelle que soit sa position sur le disque, et des évanouissements brusques, récemment reconnus dans la propagation des ondes radioélectriques courtes ([4]), ces évanouissements coïncidant d'ailleurs d'une façon remarquable avec des renforcements de la propagation des ondes longues ([5]), ainsi qu'avec de faibles perturbations des éléments magnétiques, très différents des véritables orages ([6]). De mon côté, utilisant la documentation centralisée à Meudon et les listes d'évanouissements publiées par le Comité français de Radiotélégraphie scientifique, j'ai vérifié que, sur 61 évanouissements constatés en Europe, 19 ont été précédés d'une éruption à moins d'une demi-heure d'intervalle, cette éruption étant, deux fois sur trois, classée comme importante. Dans 38 cas, sur les 42 restants, le Soleil n'était pas en observation au moment où la perturbation radio-électrique a été constatée, ou bien, on n'avait pas la possibilité de savoir s'il l'était ou non. Restent quatre cas où, un observateur au moins surveillant la chromosphère, aucune éruption n'a été signalée quand l'évanouissement s'est produit.

Bien que de très nombreuses éruptions n'aient correspondu à aucun phénomène terrestre, ces faits sont, dans l'ensemble, favorables à l'hypothèse, faite par la plupart des auteurs précédents, d'un rayonnement de nature électromagnétique issu des éruptions et qui, modifiant l'ionisation des couches atmosphériques de notre Globe, détermine, par cette voie indirecte, les troubles électriques et magnétiques constatés. Révélés grâce à la coopération nouvelle, il mettent en évidence l'intérêt de celle-ci et la nécessité d'en poursuivre le développement jusqu'à ce que soit réalisée la surveillance réellement continue du Soleil.

([3]) Voir notamment H. H. Dellinger, *Physical Review*, 50, 1936, p. 1189; *Memorandum de l'Observatoire de Greenwich*, 1er décembre 1936; R. S. Richardson, *Publ. Astronomical Soc. Pacific*, 49, 1937, p. 82.

([4]) R. Jouaust, *Rapport sur certains phénomènes d'évanouissement*, 1935; H. H. Dellinger, *Physical Review*, 48, 1935, p. 705.

([5]) R. Bureau et J. Maire, *Comptes rendus*, 203, 1936, p. 1275.

([6]) R. Jouaust, R. Bureau et L. Eblé, *Comptes rendus*, 203, 1936, p. 1534; H. H. Dellinger, *Terrest. magnetism*, 42. 1937, p. 49; R. S. Richardson, *loc. cit.*

PHYSIQUE. — *Comment formuler les lois empiriques. Le développement exponentiel.* Note de M. **Pierre Vernotte**, présentée par M. Aimé Cotton.

Nous avons ([1]) attiré l'attention sur le fait qu'un arc de courbe expérimental, même assez *étendu* pour que son allure semble caractéristique, pouvait être représenté, indifféremment, avec une précision souvent excellente, par des expressions analytiques de types différents et même opposés. En particulier, nous avions montré que la loi des déformations réactives d'un matériau, en fonction du temps, très sensiblement exprimé par un logarithme, l'était tout aussi bien par la somme de deux exponentielles.

Cette circonstance rendra souvent bien incertaine une interprétation théorique. Mais on peut, par contre, en tirer parti, dans des cas étendus, pour obtenir une traduction analytique plus satisfaisante des résultats expérimentaux.

Leur utilisation exige souvent, en effet, des opérations de *dérivation.* C'est le cas, par exemple, lorsque les indications de l'appareil de mesure, en fonction du temps x, sont entachées d'erreurs dues à l'inertie. Nous avons montré ([2]), à propos d'expériences de convection en régime variable, comment conduire alors les calculs.

La courbe de refroidissement au cours du temps, passant au mieux à travers les points expérimentaux, avait été mise sous la forme d'un développement en série entière, que la précision des mesures avait fait limiter au second degré, et calculé d'une manière originale. Adopter pour la fonction cherchée *une loi du deuxième degré*, revenait à admettre pour la dérivée *une loi linéaire*. Or il n'y avait aucune raison physique pour que la dérivée de la loi de refroidissement ne fût pas d'une nature tout aussi compliquée que cette loi elle-même : une représentation linéaire était donc déraisonnable, mais c'était malheureusement tout ce que permettait le calcul.

Il va de soi que la dérivée d'une fonction expérimentale est moins exactement connue que la fonction elle-même; encore y a-t-il lieu de choisir cette fonction, en usant de la grande liberté dont nous rappelions ci-dessus l'existence; et il est certain que le *développement en polynome*, fort employé

([1]) *Comptes rendus*, 200, 1935, p. 809.
([2]) *Publications scientifiques et techniques du Ministère de l'Air*, n° 36, Paris.

à causse de sa *commodité*, mais qui se simplifie *en perdant un terme à chaque dérivation*, ne doit convenir qu'exceptionnellement.

En particulier, pour les phénomènes dont on sait, *a priori*, que, pour les grandes valeurs de la variable, ils tendent vers zéro (et cet exemple n'est pas limitatif), et qui sont, par suite, représentables par ce que nous avons appelé des *courbes tendues*, il est indiqué d'essayer un développement de termes *exponentiels* décroissants, bien que ce type analytique puisse *différer profondément* du type réel que l'on emploierait si on le connaissait. Les *exponentielles* sont, en effet, elles-mêmes assez tendues, donc aptes à reproduire assez fidèlement la loi à formuler, et par dérivation, d'autre part, elles donnent, à un coefficient près, les mêmes exponentielles, ce qui fait *différer aussi peu que possible*, dans leur nature, le *développement*, et le *développement dérivé*.

Pour montrer d'une façon précise les avantages du développement exponentiel, nous allons l'appliquer à la représentation approchée d'une courbe que nous supposerons donnée par l'expérience, mais dont, en réalité, nous connaîtrons exactement la nature : ce sera la courbe $y = 1 : (x + 3)$, donnée entre $x = 0$ et $x = 3$. C'est un arc assez important, et il s'agit bien d'un phénomène tendant vers zéro pour les grandes valeurs de x.

Nous chercherons donc à déterminer une fonction

$$Y = A e^{-\alpha x} + B e^{-\beta x}$$

à quatre paramètres, et confondue avec la fonction y aux points d'abscisses 0, 1, 2 et 3.

Nous déterminerons d'autre part, pour effectuer la comparaison, le polynome entier Z à quatre paramètres, donc du troisième degré, passant, lui aussi, exactement par les points indiqués.

On trouve ainsi

$$Y = 0,232547 e^{-0,130695 x} + 0,100786 e^{-0,785596 x}$$
$$Z = 1:3 - 19x : 180 + x^2 : 40 - x^3 : 360.$$

Calculons les dérivées aux extrémités de l'intervalle

$$y'_0 = -0,11111, \qquad y'_3 = -0,02778,$$
$$Y'_0 = -0,10957, \qquad Y'_3 = -0,02804,$$
$$Z'_0 = -0,10555, \qquad Z'_3 = -0,03055.$$

On voit que le développement Y donne des *dérivées bien plus approchées*.

Prenons, à titre d'exemple, *un arc beaucoup plus grand* (quatre fois plus), avec la fonction $1 : (x + 1)$, étudiée de $x = 0$ à $x = 3$.

Nous trouvons alors, avec le développement à *deux exponentielles* (qu devient insuffisant; il en faudrait trois), les deux valeurs, encore *acceptables*, de la dérivée — 0,896 (au lieu de — 1), et — 0,065 (au lieu de — 0,062), tandis que le *polynome* donne les valeurs *très mauvaises* — 0,75 et — 0,125.

Les développements exponentiels ne sont pas d'un maniement compliqué; on peut d'ailleurs employer la base 10. Le calcul des exposants α et β, et des coefficients A et B, repose sur les formules ci-dessous, où $y_1\, y_2\, y_3\, y_4$ désignent les quatre ordonnées expérimentales.

$$A(e^{-\alpha}-e^{-\beta})=y_2-y_1e^{-\beta},\qquad B=y_1-A,$$

$e^{-\alpha}$ et $e^{-\beta}$ étant les deux racines de l'équation du second degré

$$(y_1y_3-y_2^2)z^2-(y_1y_4-y_2y_3)z+(y_2y_4-y_3^2)=0.$$

Si l'on dispose de plus de quatre points expérimentaux, soit, par exemple, de douze points d'abscisses équidistantes, on voit, en appliquant les principes indiqués dans notre ouvrage cité, que les trois équations ci-dessus deviennent

$$\begin{aligned}
&3A(e^{-\alpha}-e^{-\beta})=y_4+y_5+y_6-(y_1+y_2+y_3)e^{-\beta},\\
&3B \qquad\qquad\quad\; =y_1+y_2+y_3-3A,\\
&(y_1y_7+y_2y_8+y_3y_9-y_4^2-y_5^2-y_6^2)z^2\\
&\quad-(y_1y_{10}+y_2y_{11}+y_3y_{12}-y_4y_7-y_5y_8-y_6y_9)z\\
&\quad+(y_4y_{10}+y_5y_{11}+y_6y_{12}-y_7^2-y_8^2-y_9^2) \qquad =0.
\end{aligned}$$

PHYSIQUE MOLÉCULAIRE. — *Interprétation des variations de la viscosité avec la concentration dans les mélanges liquides binaires.* Note (1) de M. **Henri Lemonde**, présentée par M. Maurice de Broglie.

J'ai interprété (2) les écarts importants des isothermes $D\eta$ dans les mélanges liquides binaires comme le résultat des variations d'une force motrice de diffusion F consécutives à des modifications d'actions intermoléculaires. J'ai montré que les variations de la force motrice F permettaient d'expliquer le comportement des mélanges liquides (associations, dissociations, non idéalité) (2). Par contre les courbes de diffusion D et de viscosité η, étudiées *séparément*, conduiraient, dans certains cas (mélanges

(1) Séance du 24 mai 1937.

(2) H. Lemonde, *Comptes rendus*, 202, 1936, p. 468, 731 et 1069; *Journal de Physique*, 7, 1936, p. 371, mémoire où l'on trouvera aux pages 374 et 375, les figures auxquelles le présent texte se réfère.

eau-alcools par exemple), à des conclusions contradictoires parce que incomplètes.

Je propose ici une explication de l'allure apparemment anormale de ces isothermes, en étendant l'application de la formule établie par M. Marcel Brillouin ([3]) pour définir la viscosité η des liquides purs au cas des mélanges en toutes proportions et de leurs isothermes de viscosité

$$\eta = \frac{1}{3} n m \Omega \left(\alpha d + \beta \frac{2R^2}{d - 2R} \right),$$

où n est le nombre, par unité de volume, des molécules de masse m et de vitesse Ω; d, la distance des centres de deux molécules de rayon de domaine impénétrable R; α et β deux coefficients peu différents de l'unité. Cette formule comprend deux termes qui expriment deux modes de transport de quantité de mouvement. Le premier, αd, s'opère comme dans les gaz par transport de matière (passage de molécules). Le second, qui est prépondérant dans les liquides, utilise les chocs sans passage de matière. Le facteur important pour la viscosité est donc d-2R qui varie beaucoup plus vite que d et que R.

Dans les mélanges binaires, l'introduction du corps dissous modifie la grandeur de R, celle de d et par suite celle de d-2R, lorsque sa concentration varie. Mais, si la connaissance de l'isotherme η entraîne celle du sens de variation de d-2R, elle ne donne pas d'indications sur celui des termes d et R. Il faut faire appel à la variation du coefficient de diffusion D qui dépend de d (passage de matière) pour expliquer le sens de variation de d. On en déduit celui de R.

Voici quelques mélanges que nous classerons en trois groupes selon l'allure de leurs isothermes D, η et F.

a. Les isothermes D, η *et* F *sont positives.* — Exemple : mélanges chloroforme-éther (*fig.* 4) ([2]) et chloroforme-acétone (*fig.* 5). L'accroissement de η est ici dû à la diminution du terme d-2R, celui de D résulte de l'augmentation de la distance d. Donc R doit croître plus que d. Mais la contraction de volume ne peut s'expliquer que par une diminution corrélative du nombre de molécules; celles-ci doivent alors être associées. Cette conclusion est analogue à celle qui résulte de l'étude des variations de l'isotherme F.

([3]) *Leçons sur la viscosité des liquides et des gaz*, 2e partie, 1907, p. 119 et suiv

b. Les isothermes : D, η *et* F *sont négatives.* — Exemple : mélange benzène-alcool éthylique (*fig.* 6). Puisque l'isotherme η est décroissante, le terme d-2R doit augmenter. Or l'isotherme D est aussi négative : d doit décroître et R plus vite encore que d. Des molécules plus petites doivent apparaître en grand nombre, pour rendre compte de l'augmentation de volume lors du mélange. Or c'est précisément un cas où, d'après notre étude, il y a dissociation des molécules d'alcool.

c. Les isothermes sont η *: positive,* D *négative,* F *tantôt positive, tantôt négative, selon les concentrations.* — Exemple : eau avec les alcools méthylique (*fig.* 1), éthylique (*fig.* 2), propylique (*fig.* 3). Les courbures des isothermes η et D indiquent une décroissance des termes d-2R et d. Le rayon R peut croître ou décroître. Il faut donc utiliser les conclusions relatives aux variations de l'isotherme F, d'ailleurs en accord avec celles des groupes précédents (a) et (b) pour déterminer le sens de variation de R.

Le passage par un maximum de l'isotherme F dans ces trois mélanges ainsi que la contraction de volume indiquent une augmentation du rayon R des molécules dont le nombre diminue. Là où F passe par un minimum (dissociation), en particulier pour le mélange eau-alcool propylique, R doit diminuer beaucoup et comme d-2R doit diminuer, d devient très petit. L'intervalle d-2R étant très faible, on constate que le coefficient D tombe au 1/10[e] de sa valeur maxima et qu'au maximum, η est quatre fois plus grand que dans l'eau pure.

En résumé : 1° la positivité de l'isotherme η est due à la décroissance de d-2R. Elle survient : a. quand il y a association de molécules; b. quand la dissociation est suivie d'une diminution de l'espace libre; 2° La négativité de l'isotherme η est due à une augmentation de d-2R. Il y a dissociation de molécules, mais l'espace libre est moins réduit et la diffusion diminue moins rapidement que dans le cas b.

Conclusions. — Il en résulte : a. une relation étroite entre la viscosité et les variations de volume lors du mélange; b. une explication des valeurs anormalement fortes de η et anormalement faibles de D; c. un accord : 1° entre les notions d'associations et de dissociations de molécules et la grandeur du domaine impénétrable; 2° entre les hypothèses relatives aux forces intermoléculaires (attractives ou répulsives) et le sens de variation de D comme l'exige la théorie cinétique (prédominance des forces attractives quand d croît, des forces répulsives quand d devient très petit).

Une étude plus détaillée paraîtra dans un autre Recueil.

CHALEUR. — *Sur les ondes thermiques des liquides.* Note de M. **René Lucas**, présentée par M. Paul Langevin.

Nous avons montré, Francis Perrin et moi (¹), que le phénomène que j'ai découvert (²) avait son origine dans l'existence de flux de quantité de mouvement, transportés par les ondes élastiques thermiques du liquide, lorsque celui-ci est le siège de flux de chaleur; nous avons établi une formule dans laquelle figure φ, *moyenne des vitesses de phase des ondes élastiques thermiques.*

J'ai entrepris une série d'observations afin d'évaluer cette quantité φ, dont la grandeur présente beaucoup d'intérêt pour fixer la nature des ondes élastiques thermiques qui interviennent dans ce phénomène. Je ne donne ici que le résultat des mesures et quelques remarques, j'indiquerai dans un prochain Mémoire le détail du mode d'évaluation de φ par l'utilisation des actions thermoélastiques décrites et de la théorie de Fourier de la propagation de la chaleur.

Pour l'eau ordinaire, j'ai trouvé $\varphi = 18.10^6$ cm par seconde (précision probable 10 à 15 pour 100).

Cette valeur est environ douze fois la vitesse du son (ondes longitudinales). Ce résultat paraît bien établir que *dans l'eau la chaleur se propage par des ondes qui ne sont pas seulement des ondes longitudinales.*

Une étude plus complète permet de comprendre ce résultat expérimental. J'ai montré (³) qu'il était nécessaire d'envisager l'agitation thermique des liquides comme due à la superposition d'ondes élastiques longitudinales et d'ondes transversales (d'inertie et de viscosité). Il est possible de montrer théoriquement que la propagation de ces ondes transversales s'accompagne d'un transport de quantité de mouvement.

La comparaison des propriétés des ondes longitudinales et transversales permet de montrer que ces dernières jouent un rôle prépondérant dans le mécanisme de la conductibilité thermique d'un liquide tel que l'eau.

Les coefficients α_t et α_l d'absorption des ondes transversales et longitudinales dus aux actions de viscosité sont :

$$\alpha_t = \sqrt{\frac{\rho\pi\nu}{\eta}}, \qquad \alpha_l = \frac{8\pi^2\eta\nu^2}{3\rho V^3} \qquad \text{(V vitesse du son).}$$

(¹) *Comptes rendus*, **204**, 1937, p. 960.
(²) *Comptes rendus*, **204**, 1937, p. 418.
(³) *Comptes rendus*, **203**, 1936, p. 773.

Aux basses fréquences α_t est supérieur à α_l, mais, dans le domaine des fréquences plus élevées, relatives aux ondes représentant la principale partie de l'énergie thermique, α_t devient très inférieur à α_l (environ trente fois plus faible).

Il en résulte que *le libre parcours moyen efficace des ondes thermiques transversales est plus grand que celui des ondes longitudinales; la conductibilité thermique s'effectue principalement par ondes transversales.*

La vitesse de phase de ces ondes $V_t = 2\sqrt{\frac{\pi\eta\nu}{\rho}}$ est comprise entre la valeur zéro et la valeur 30.10^5 cm/sec, au voisinage de la fréquence limite supérieure. On voit donc que l'ordre de grandeur de $\varphi = 18.10^5$ est parfaitement explicable.

ÉLECTRICITÉ. — *Application des jets moléculaires à la production d'ions légers.* Note de M. **René Planiol**, présentée par M. Aimé Cotton.

1. Nous avons décrit ([1]) une méthode de production d'ions utilisant le croisement d'un jet atomique ou moléculaire et d'un faisceau d'électrons. Les ions positifs sont collectés dans la direction perpendiculaire aux deux précédentes.

Nous avons appliqué cette méthode au cadmium et montré qu'elle pouvait fournir des courants d'ions positifs très considérables, de l'ordre des dizaines de milliampères.

2. Il nous a semblé intéressant de tenter d'étendre ces recherches à la production d'ions légers, par exemple d'ions d'hydrogène.

Nous avons réalisé un montage interchangeable avec l'appareil à jet de cadmium de façon à garder le même faisceau électronique et les mêmes systèmes électrostatiques d'extraction des ions.

Il fallait renoncer à obtenir la collimation par la condensation dans l'air liquide comme on l'avait réalisée pour le cadmium. Nous avons donc été dans l'obligation de recourir à l'artifice des étages de pression suivant la technique usuelle. Malgré le fort débit des pompes à diffusion d'huile, la collimation obtenue est beaucoup moins bonne que dans le cas du cadmium.

3. Nous avons pu cependant avec cette technique obtenir des résultats encourageants. En employant une intensité de courant électronique assez faible, et qui pourrait être augmentée aisément, nous avons pu récueillir

([1]) *Comptes rendus*, 200, 1935, p. 539 et 730; 202, 1936, p. 1032.

sous basse tension un courant d'ions d'hydrogène dépassant 20 milliampères.

Dans un essai d'extraction d'ions pour l'utilisation dans un tube à haute tension, nous avons accéléré un courant de 14 milliampères sous 10 kilovolts.

Enfin, dans des essais à tension encore plus haute, avec de faibles courants destinés à l'étude de l'émission secondaire créée par le bombardement, nous avons accéléré environ 5 milliampères sous 75 kilovolts.

La séparation des protons et des ions moléculaires n'a pas encore été faite mais un examen spectroscopique de la lumière émise montre les raies de Balmer avec une très forte intensité. Ce fait semble indiquer la présence d'une forte proportion de protons.

Un essai fait en vue d'étendre la méthode à un autre gaz a fourni très aisément 9 milliampères d'ions d'azote.

ÉLECTROCHIMIE. — *Sur la polarisation anodique du tungstène.* Note de M. **Jean-P.-E. Duclaux**, présentée par M. Georges Urbain.

Si nous électrolysons, entre électrodes de tungstène, certaines solutions acides, il se forme à l'anode, au contact tungstène-électrolyte, une couche de très haute résistance.

La formation de cette couche est caractérisée par la diminution du courant avec le temps. Nous avons étudié cette diminution, en nous limitant provisoirement au cas où l'électrolyte est de l'acide sulfurique à 66°. Nous avons obtenu des expériences reproductibles en opérant dans des conditions entièrement définies, en nous servant d'un électrolyte parfaitement propre et d'une anode dont la surface est ramenée, avant chaque expérience, le plus rigoureusement possible dans le même état physique.

D'une façon générale, les courbes représentant la variation de l'intensité en fonction du temps, pour des états semblables de la surface à l'origine et pour des tensions de polarisation différentes, se déduisent les unes des autres par un simple changement de l'échelle des intensités; il est donc possible de les représenter par une courbe réduite unique. Les colonnes 2 et 6 du Tableau I donnent les valeurs des ordonnées I_r de la courbe réduite pour deux états différents de la surface. Les colonnes 4 et 8 donnent des séries de valeurs expérimentales i_e de l'intensité et les colonnes 5 et 9 des séries de valeurs i_c obtenues en multipliant par des facteurs constants les nombres correspondants des colonnes 2 et 6. La concordance est pratiquement parfaite.

TABLEAU I.

t.	I_r.	I_c.	i_e.	i_c.	I_r.	I_c.	i_e.	i_c.
m s								
2. 0...	76,4	76,8	62	61,8	97,8	96,3	188	187,8
2.30...	62,0	62,2	50	50,2	66,8	66,9	129	128,2
3......	52,8	52,5	43	42,7	49,9	50,2	96	95,8
4......	40,4	40,3	33	32,7	32,5	32,7	62	62,4
5......	33,2	33,0	27	26,9	24,0	24,0	47	46,1
7......	24,7	24,6	19,5	20,0	15,7	15,6	30	30,1
10......	18,2	18,4	14,5	14,7	10,4	10,5	19	20,0

Les différents états de la surface à l'origine donnent des courbes réduites différentes, comme le montre la comparaison des deux colonnes I_r, 2 et 6, du tableau I, qui se rapportent aux deux cas suivants :

Colonne 2 : Électrode polie, avant chaque expérience, au papier de verre n° 00000 et dans les mêmes conditions.

Colonne 6 : Électrode traitée, une fois pour toutes, par polarisation anodique dans de l'ammoniaque concentrée bouillante et nettoyée, avant chaque expérience, par immersion dans de l'ammoniaque concentrée froide.

Les courbes donnant les intensités réduites en fonction du temps peuvent, dans ces deux cas, être représentées par des formules simples

(Col. 2) $$\frac{i}{A} = I_r = 3,78 + \frac{146}{t},$$

(Col. 6) $$\frac{i}{B} = I_r = 2,25 + \frac{55,6}{t} + \frac{265}{t^2},$$

A et B étant des constantes caractéristiques de chaque expérience. Le Tableau I, donne, colonnes 3 et 7 les valeurs calculées I_c à côté des valeurs expérimentales I_r; la concordance est, on le voit, excellente.

Les constantes caractéristiques A et B croissent régulièrement avec la tension de polarisation [1].

Après un temps de formation de l'ordre de 15 à 20 minutes, il se produit dans toutes les courbes expérimentales une cassure brusque. Passé ce

---

[1] Aux environs de 20°, dans l'intervalle de tensions étudiées (1 V-30 V) on peut écrire, pour une surface d'électrode de 1^{cm^2},

$$A = \frac{0,06}{3,78}(V + 2,55),$$

i étant exprimé en microampères.

point l'intensité i est très exactement fonction linéaire de $1/t$. Le Tableau II donne, pour un cas particulier, une partie des valeurs expérimentales, les valeurs calculées correspondantes obtenues au moyen d'une fonction linéaire en $1/t$ valable pour les grandes valeurs de t et leurs différences. L'erreur possible sur i étant 0,25, la marche des nombres indique bien une cassure après 13 minutes.

TABLEAU II.

t.	i_e.	i_c.	Δ.	t.	i_e.	i_c.	Δ.
10^m......	36,5	38,33	+1,83	14^m......	28,5	28,33	−0,17
11......	34	35,15	+1,15	15......	26,5	26,66	+0,16
12......	32	32,50	+0,50	16......	25	25,20	+0,20
13......	30	30,28	+0,28	17......	24	23,83	−0,17

En résumé, il résulte de ce qui précède que l'évolution de la résistance apparente de la couche est uniquement fonction de l'état de la surface et du temps et qu'elle est, en quelque sorte, indépendante du courant dont le seul rôle est d'apporter les éléments nécessaires.

OPTIQUE. — *Nouvelle méthode pour étudier subjectivement le mélange des couleurs*. Note de M. **Vitomir H. Pavlović**, présentée par M. Aimé Cotton.

En combinant l'emploi du disque coloré de Newton avec celui de la stroboscopie, le spectre de la source lumineuse employée se rapprochant le plus possible de celui du Soleil, nous avons réalisé une méthode, distincte de celles que Maxwell et Kelmholtz ont indiquées, pour faire le mélange d'un nombre presque illimité de couleurs en utilisant un seul disque.

Le disque est choisi de diamètre un peu grand pour qu'il puisse être divisé commodément en un grand nombre de secteurs égaux (nous avons fait nos essais avec un disque de 37^{cm} de diamètre divisé en 48 secteurs). Si l'on colore les secteurs *diamétralement* opposés avec les couleurs dont on veut obtenir le mélange, on obtient *simultanément* les mélanges cherchés en éclairant le disque par de la lumière blanche, émise périodiquement de façon que le nombre des éclairs par seconde soit égal à deux fois le nombre de tours que fait le disque dans le même temps.

En variant la fréquence des éclairs ou la vitesse angulaire du disque on peut obtenir *successivement* le mélange, non seulement des couleurs diamé-

tralement opposées, mais aussi le mélange de deux autres couleurs, trois et davantage.

Nous avons obtenu par exemple toutes les combinaisons des sept couleurs fondamentales du spectre solaire (les six combinaisons du rouge avec les six autres couleurs, les cinq combinaisons de l'orangé avec les cinq couleurs qui le suivent, etc., soit en tout les vingt et une combinaisons) en colorant les secteurs par ces sept couleurs du spectre. On comprend facilement que l'on peut augmenter le nombre des combinaisons possibles, d'autant que les couleurs employées peuvent être elles-mêmes des mélanges.

Nous avons fait nos essais avec des secteurs en papier coloré : des verres colorés fonctionnant par transmission pourraient leur être substitués. Il y aurait avantage à augmenter le nombre de tours par seconde du disque; il ne dépassait pas dans nos expériences 1200 tours par minute. Pour faire la stroboscopie nous avons utilisé un dispositif que nous avons décrit ([1]) en employant à la fois la lumière de l'étincelle et celle des tubes sans électrodes excités par les courants de Tesla.

SPECTROSCOPIE. — *Étude de la transmission de quelques oxydes dans l'infrarouge lointain.* Note ([1]) de M. **Maurice Parodi**, présentée par M. Aimé Cotton.

Nous avons employé la méthode des rayons restants et utilisé un dispositif qui a été indiqué dans une Note antérieure ([2]). Les oxydes à étudier ont été pulvérisés et déposés entre deux plaques de paraffine (Kahlbaum, 68-70° C). Nous avons étudié les oxydes MnO, SrO, CdO, BaO, qui cristallisent dans un système analogue à celui du sel gemme et CuO qui est triclinique. Les longueurs d'onde λ_0 des bandes d'absorption observées entre 20 et 70^{μ} sont les suivantes (en microns) :

Corps.	MnO.	CuO.	SrO.	CdO.	BaO.
Longueur d'onde.......	33	31 et 38	47	51,5	53

En joignant à ces résultats les longueurs d'onde fondamentales de MgO, $15^{\mu},3$ et de CaO, 27^{μ}, nous avons tracé la courbe représentant la variation

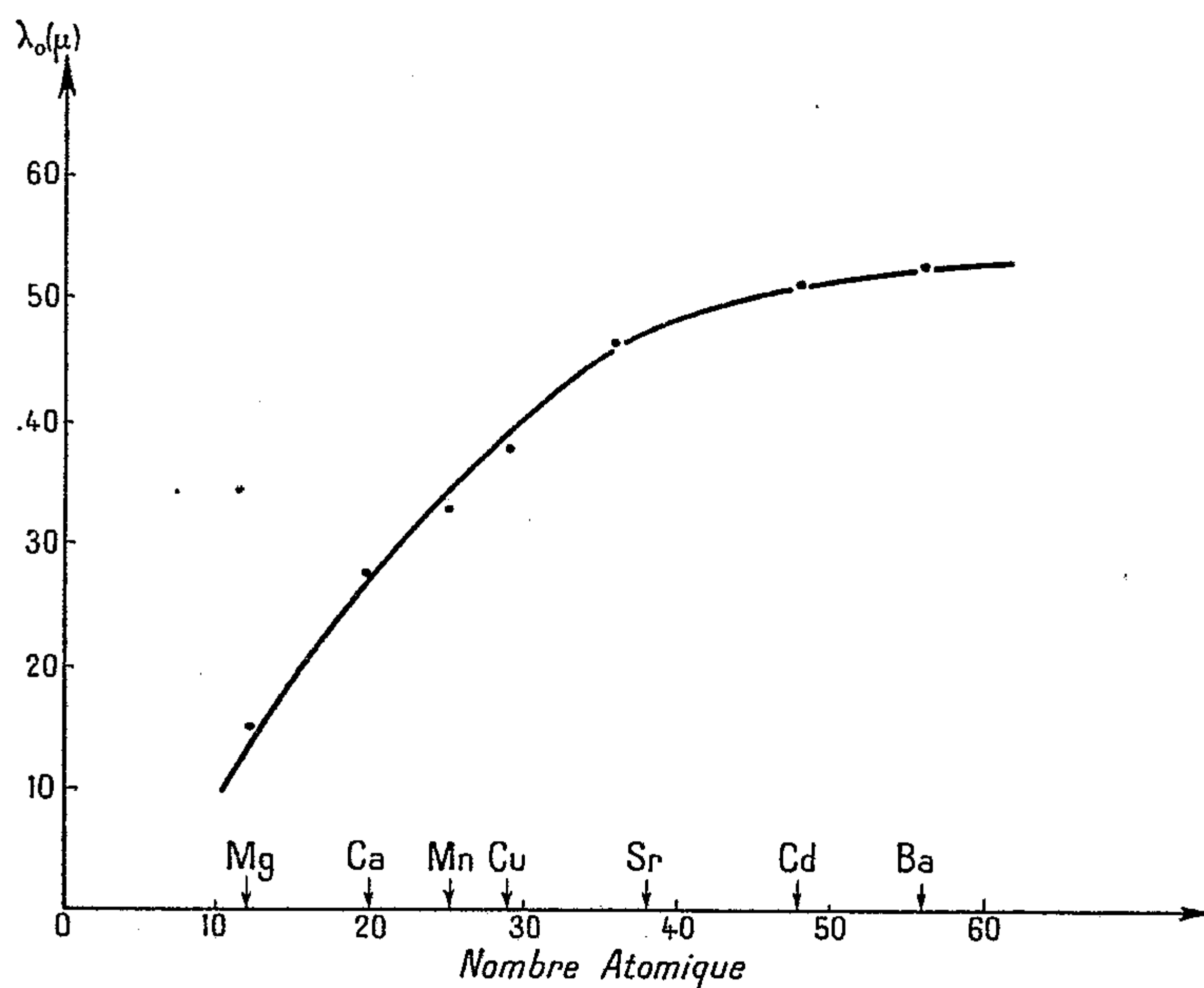
([1]) V. H. Pavloviĉ, *Comptes rendus*, 204, 1937, p. 1181.

([1]) Séance du 10 mai 1937.

([2]) M. Parodi, *Comptes rendus*, 204, 1937, p. 1111.

de λ_0 en fonction du nombre atomique du métal figurant dans ces oxydes. Nous avons obtenu une courbe d'allure parabolique comme le montre la figure. Il est à remarquer que la longueur d'onde 38^μ relative à CuO se place sur cette courbe, ce qui peut s'expliquer par le fait que son système cristallin est celui du sel gemme légèrement déformé. Ces résultats nous ont permis de déterminer l'ordre de grandeur de la compressibilité de ces cristaux.

Dans de tels systèmes, les ions sont bivalents et nous savons que l'on peut



calculer leurs longueurs d'onde fondamentales, en microns, par la formule suivante due à Born :

$$\lambda_0 = 3.015 \sqrt{\frac{M_1 M_2}{\rho f_3(n)}}, \tag{1}$$

ρ étant la densité de l'oxyde; M_1, M_2 les masses atomiques des constituants et $f_3(n)$ une fonction du type

$$f_3(n) = (n-1)\frac{S'_0(n+2)}{S'_0(n) + \beta S''_0(n)} - \frac{2\pi}{1,747}, \tag{2}$$

$S'_0(n)$ et $S''_0(n)$ étant des fonctions que cet auteur a définies.

Ceci suppose que l'on admet entre deux ions, placés à la distance r, une

énergie potentielle mutuelle de la forme

$$\varphi(r) = \pm \frac{(2e)^2}{r} + \frac{b}{r^n}, \tag{3}$$

e étant la charge de l'électron, b une constante et n un exposant qui, pour un cristal cubique, se calcule à partir de la compressibilité χ par la formule

$$n = 1 + \frac{3,496}{4} \frac{1}{\chi} 10^{-13} \left[\frac{M_1 + M_2}{\rho}\right]^{\frac{4}{3}}. \tag{4}$$

Dans un travail antérieur [3], nous avons montré que l'on devait prendre pour ce type de corps, $\beta = -1$.

Il est clair que, si l'on connaissait n, on pourrait calculer χ. A cet effet nous avons tracé la courbe représentant la variation de $f_3(n)$ en fonction de n et ayant calculé, à partir de λ_0, pour chaque corps, la valeur de $f_3(n)$, nous avons déterminé n; χ a été calculé au moyen de l'équation (4).

Pour CaO et BaO, dont nous connaissions les compressibilités, nous avons vérifié la concordance de nos valeurs avec les grandeurs expérimentales.

Les résultats sont les suivants en unités C. G. S. :

Corps...........	CaO.	MnO.	SrO.	CdO.	BaO.
		Compressibilités $\times 10^{12}$			
calculées......	0,87	0,92	1,73	1,32	2,28
expérimentales.	0,75	–	–	–	1,97

MAGNÉTOOPTIQUE. — *Pouvoir rotatoire magnétique de l'oxyde azotique* NO *comprimé et liquéfié.* Note de MM. **Henri Bizette** et **Belling Tsai**, présentée par M. Aimé Cotton.

Nous avons mesuré, à densité constante, le pouvoir rotatoire magnétique de l'oxyde azotique comprimé aux températures de 18°C. et de −80°C.; nous avons constaté une variation sensible de ce pouvoir rotatoire comme le montre le tableau suivant, se rapportant à $\lambda = 0^{\mu},546$:

(3) *Comptes rendus*, **202**, 1936, p. 302.

t°C.	α, angle de rotation de l'analyseur.	Rapport des α.
Tube polarimétrique rempli à 18° C. sous la pression de 98 kg/cm².		
+18°	−23°,43	1,19
−80	−24,27	
Tube polarimétrique rempli à 18° C. sous la pression de 142 kg/cm².		
+18	−30,07	1,18
−80	−35,55	

En remarquant que seules les molécules dans l'état $^2\pi_{\frac{3}{2}}$ contribuent au pouvoir rotatoire paramagnétique et en négligeant le terme diamagnétique devant le terme paramagnétique, nous pouvons écrire qu'à densité constante et en absence de polymérisation, le pouvoir rotatoire varie en fonction de la température absolue T suivant la relation

$$\frac{\rho_T}{\rho_{+18^\circ C.}} = \frac{x_T e^{-x_T}}{1+e^{-x_T}} : \frac{x_{+18^\circ C.}\, e^{-x_{18^\circ C.}}}{1+e^{-x_{18^\circ C.}}},$$

avec

$$x_T = \frac{173,2}{T}, \qquad x_{18^\circ C.} = \frac{173,2}{291}, \qquad \text{d'où} \quad \frac{\rho_{-80^\circ C.}}{\rho_{+18^\circ C.}} = 1,18.$$

L'expression précédente montre que ρ passe par un maximum pour une température voisine de — 138°C.

Des mesures effectuées sous pressions variables aux températures de 19°C. et de — 80°C. montrent que, contrairement à ce que nous avions cru tout d'abord constater (¹), le rapport de la constante de Verdet à la densité diminue un peu à la température ambiante quand la pression croît et que la décroissance est nette à — 80° C. :

$$\lambda = 0^\mu,546, \qquad t^\circ = -80^\circ C.$$

Pression kg/cm².	Rapport des densités.	α.	$\frac{\alpha}{\delta}$.
44,5	1	−19°,07	19,07
71,5	2,05	−37,58	18,33
89,5	3,09	−53,01	17,15
103	4,02	−69,46	17,28

Nous pouvons interpréter ces faits en admettant que les molécules

(¹) *Comptes rendus*, **202**, 1936, p. 648.

d'oxyde azotique commencent à se polymériser sous pression élevée à — 80°C. et nous noterons que le rapport α/d semble passer par un minimum comme le rapport pv/p_0v_0.

La valeur de la constante de Verdet de l'oxyde azotique liquéfié, à — 163°C. et pour la radiation $\lambda = 0^{\mu},436$, est égale à

$$\Lambda = -9,98 \times 10^{-3}.$$

L'effet est environ 14 fois plus petit que celui que l'on pourrait calculer en partant de la formule donnée précédemment pour le pouvoir rotatoire magnétique de l'oxyde azotique gazeux, en prenant pour densité du liquide la valeur 1,27 et en négligeant la variation lors du passage de l'état gazeux à l'état liquide. La proportion de molécules paramagnétiques non polymérisées serait donc voisine de $0,07 \times 0,168$, celle des molécules à l'état diamagnétique de $0,07 \times 0,832$, si l'on admet que le rapport des nombres de molécules dans les deux états reste le même dans le liquide et dans le gaz. 93 pour 100 du liquide serait à l'état de molécules doubles $(NO)^2$: résultat en bon accord avec celui obtenu par Rice (²) à partir de l'entropie de vaporisation.

Nous avons également mesuré la constante de Verdet de l'oxyde azotique liquide, à une température voisine de —104°C. sous la pression de 68,5 kg/cm², pour la radiation $\lambda = 0,546$ de l'arc au mercure

$$\Lambda = -3,684 \times 10^{-2}.$$

Il existe une grande incertitude sur la valeur de la densité de NO liquide dans les conditions de l'expérience. Si nous prenons pour cette densité 0,81, valeur déduite de la formule de Dieterici avec les constantes $P_c = 64^{atm}$ et $T_c = 177°K$, l'effet n'est plus que de 1,26 fois plus petit que celui que l'on peut calculer à partir de la formule indiquée. La fraction d'oxyde azotique polymérisé n'est plus que de 21 pour 100. Ce fait doit être rapproché du suivant : l'oxyde azotique liquide est pratiquement incolore à —100°, tandis qu'il est nettement coloré en bleu à — 163°, la coloration bleue paraissant être due aux molécules $(NO)^2$. On peut également penser à la formation de combinaisons labiles où l'influence entre les molécules paramagnétiques s'exercerait essentiellement par l'intermédiaire du nombre Λ à l'exclusion du nombre quantique de pivotement Σ.

(²) *Journal of Chemical Physics*, 4, 1936, p. 367.

RADIOACTIVITÉ. — *Utilisation des photoéléments à couche d'arrêt pour les mesures radioactives.* Note de M. **P. Bonét-Maury**, présentée par M. Jean Perrin.

Les mesures de radioactivité se ramènent, en général, à la mesure du courant de saturation produit par le rayonnement dans une chambre à gaz. Cette méthode, d'un usage courant, n'est plus applicable pour des rayonnements intenses, la saturation ne pouvant plus être obtenue ([1]). Il devient alors nécessaire de recourir à d'autres méthodes. L'utilisation, pour celle indiquée par Mlle Karlick, de cellules au sélénium, nous a amené à expérimenter l'action des rayonnements radioactifs sur les photoéléments à couche de barrage (cellules au sélénium et à l'oxyde de Cu).

Nous avons ainsi constaté que *les photoéléments irradiés par des rayons α ou β donnent naissance à une différence de potentiel*, exactement comme les photons. Les rayons γ, avec les sources et le dispositif utilisé, ne nous ont pas donné d'effet appréciable.

Ce fait étant acquis, la mesure, avec des photoéléments, de fortes sources α, but initial de notre travail, pouvait être réalisée de deux façons :

1° En faisant agir les rayons α sur un écran au ZnS, placé devant le photoélément, suivant le principe de la méthode décrite par Mlle B. Karlick puis Mlle Rona et reprise par Garnier;

2° En faisant agir les rayons directement sur le photoélément placé dans l'obscurité ou protégé de la lumière par une feuille métallique très mince, perméable aux rayons α.

1° *Utilisation d'écrans au sulfure de zinc.* — Le dispositif expérimental comprend simplement un galvanomètre et une cellule au Se, dont le verre protecteur est revêtu d'une couche mince de ZnS, cet écran étant lui-même protégé contre la lumière par une feuille d'Al de 3^{μ}. Au point de vue *commodité* et *rapidité*, ce montage est très satisfaisant, à condition d'utiliser un galvanomètre de résistance critique faible, car les cellules ne font que quelques milliers d'ohms. Au point de vue *sensibilité*, la méthode donne de bons résultats, car le rendement électrique atteint avec un galvanomètre peu résistant 5 à 8 pour 100. Avec un galvanomètre sensible

---

([1]) Avec des chambres d'ionisation remplies d'air. L. Goldstein a montré qu'on pouvait obtenir même dans ce cas, la saturation, avec des tensions acceptables, en utilisant comme gaz de remplissage un gaz rare très pur.

à 3×10^{-11} ampère mais plus résistant on obtient une déviation de 1^{mm} pour 10 U. E. S. de Po. Le dispositif est moins satisfaisant au point de vue *fidélité* et *précision* car la surface de l'appareil est inégalement sensible. Ces variations qui peuvent atteindre 50 pour 100, sont dues à l'inégale épaisseur de l'écran au Zn S, la sensibilité locale aux photons ne variant pas de plus de 5 pour 100 pour de bonnes cellules au Se. La fidélité, elle, est limitée par la lente destruction de l'écran au Zn S sous l'influence du bombardement α.

En résumé, dans son état actuel, cette première méthode paraît bien se prêter à des mesures nombreuses et rapides pour lesquelles on ne demande pas une grande précision (contrôle d'opérations chimiques par exemple).

Nous pensons pouvoir améliorer sa précision en réalisant par la suite de meilleurs écrans au ZnS.

2° *Action directe du rayonnement sur le photoélément.* — Ce phénomène, nous a paru justifier un examen détaillé car, outre son application aux mesures de radioactivité, nous avons pensé que son étude pourrait peut-être permettre de mieux comprendre le fonctionnement des photoéléments à couche de barrage et le mécanisme des phénomènes mis en en jeu (Photoconductibilité, effet photoélectrique interne) ([2]).

Le dispositif expérimental utilisé ne peut, comme l'a montré Liandrat ([3]) mettre en évidence le phénomène primaire, c'est-à-dire l'effet photoélectrique interne obéissant à la loi d'Einstein. En outre, les cellules dont nous disposions étaient recouvertes d'une couche de vernis protecteur transparent à la lumière, mais qui doit absorber une notable partie de l'énergie incidente. Ce dispositif nous a semblé cependant suffisant pour comparer les mécanismes d'action des photons et des rayons α et en souligner les différences. Il permet en outre, également, la mesure des activités β et notamment des ampoules de radon.

Qualitativement on retrouve, avec les α, les caractères du photocourant : peu ou pas d'inertie, fatigue disparaissant lentement par repos, courants résiduels pour des irradiations fortes.

Quantitativement on remarque des comportements différents :

1° Les variations de sensibilité locale sont, avec les photoéléments utilisés, plus marquées pour les α que pour les photons : elles sont supé-

---

([2]) Il sera intéressant de vérifier si, comme cela est hautement probable, les rayons α et β modifient la conductibilité des semi-conducteurs.

([3]) *Annales de Physique*, 6, 1936, p. 391.

rieures à 20 pour 100 et peuvent atteindre 30 pour 100. Nous pensons que ces variations, dues sans doute à l'inégale épaisseur du vernis et de la couche d'or électrode, pourront être réduites avec les cellules mieux préparées et non vernies, que nous comptons utiliser par la suite. La valeur de la sensibilité maxima est, pour les mêmes raisons, le tiers de la sensibilité maxima des cellules à Zn S.

2° L'allure des courbes de fatigue, pour un même courant initial, est très différente suivant qu'il s'agit de photons ou de rayons α.

En effet, alors que la fatigue à la lumière ne dépasse pas en 5 minutes quelques pour 100, la fatigue aux rayons α atteint 30 pour 100 dans le même temps. Les courbes de fatigue sont, dans les deux cas, très régulières et indépendantes de l'intensité initiale de l'irradiation, ce qui paraît surprenant.

Nous avons trouvé la même courbe de fatigue pour une source de 40000 U. E. S. de Po et pour une source de 350 U. E. S. Malgré cette rapide et importante fatigue, le photoélément se régénère par repos suffisant et redonne les mêmes courants, même pour de fortes sources. Nous nous proposons d'étudier par la suite d'une façon plus détaillée ce phénomène intéressant au point de vue théorique, mais gênant au point de vue mesures. Une étude plus détaillée de l'action des rayons β, actuellement en cours, pourra également contribuer à l'éclaircissement de cette question.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Étude quantitative de l'adsorption des cations métalliques par la cellulose. Point isoélectrique de la cellulose.* Note de Mme **Juliette Gavoret**.

Avec les mêmes méthodes d'analyse que celles qui furent employées dans la première partie de cette étude [1], nous avons étudié l'adsorption du plomb par la cellulose en fonction du pH, pour des concentrations initiales constantes en plomb. Nous avons pris des solutions très diluées de chlorure de plomb, tamponnées à des pH variables et trouvé, sur coton hydrophile chirurgical, des adsorptions dont le tableau ci-après donne des exemples caractéristiques. L'adsorption est exprimée en grammes de plomb retenu par 100 grammes de coton sec, pour des liquides de concen-

(1) Mlle J. Hansot, *Comptes rendus*, 195, 1932, p. 349.

tration initiale c (en grammes de cation par litre) et en fonction du pH après équilibre.

pH :	1,2	1,6	2	2,6	2,7	2,8	2,9	3,6	4	4,4	4,6	5,4
A...	–	–	–	0	–	0,185	0,326	–	0,434	–	0,541	–
B...	0	0	0	0	0	0,050	0,111	0,135	0,166	0,169	0,191	0,215
C...	–	–	–	0	–	–	0,053	–	0,104	0,14	–	–

A, adsorption pour $c = 0^g,4$; B, adsorption pour $c = 0^g,1$;
C, adsorption pour $c = 0^g,05$.

Il ressort de ces mesures que l'adsorption du cation plomb, pour cet ordre de grandeur de dilutions, est une fonction du pH. Il existe une valeur de pH au-dessous de laquelle la cellulose ne l'adsorbe plus. (D'autre part nous avons vérifié qu'il ne se produisait aucune adsorption de l'anion chlore dans aucune région du pH.) Pour les valeurs supérieures à celle de ce pH critique, que nous plaçons à 2,7, l'adsorption croît assez rapidement.

Ce pH critique pour l'adsorption semble indépendant de la valeur de la concentration initiale du cation, ainsi que de la forme de la cellulose : coton hydrophyle chirurgical ou pâte à papier. En effet, pour cette dernière, malgré la mauvaise définition de sa surface, on trouve des chiffres aussi significatifs :

pH :	1,2	1,4	2	2,7	2,8	3	3,6	4	4,2
A.........	0	0	0	0	0,090	0,166	0,163	0,29	0,368

A, adsorption pour $c = 0^g,1$.

Nous avons pensé que le pH critique pourrait servir à la détermination du point isoélectrique de la cellulose, qu'on a jusqu'ici cherché en vain [2].

En effet, au moyen de l'électroosmose, il a déjà été montré [3], d'une part que l'électrisation de la cellulose variait au contact d'un excès d'ions H ou OH, et d'autre part que des ions polyvalents, ajoutés à une liqueur qui donne à une paroi quelconque une électrisation d'un certain signe et un potentiel d'une certaine valeur, diminuent l'électrisation de la paroi, au point parfois d'en renverser le signe; cet effet est d'autant plus sensible qu'on se trouve plus près du point de neutralité de la paroi.

Ainsi le pH 2,7 de neutralité de la cellulose en présence du cation bivalent plomb, serait indicatif d'un point isoélectrique légèrement inférieur.

([2]) EDGE, *Journal of the Society of Chemical Industry*, 48, 1929, p. 118.
([3]) J. PERRIN, *Journal de Chimie physique*, 2, 1904, p. 601.

Le plomb a pour effet de diminuer l'électrisation négative de la cellulose et cet effet est plus fort dans le voisinage du point isoélectrique; à pH 2,7, où l'électrisation est faible, il peut atteindre le renversement du signe. A ce point et au-dessous, la cellulose, neutre ou électrisée positivement, n'est plus susceptible d'adsorption.

Nous avons d'ailleurs commencé à vérifier directement cette valeur du point isoélectrique par des expériences d'électroosmose. De part et d'autre de pH 2,7 les sens de déplacement s'inversent effectivement, mais nous n'avons pas encore suffisamment resserré nos expériences pour recouper la valeur critique d'inversion. Nous perfectionnons notre technique pour y arriver.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur le gradient de potentiel de la gélatine sous tension.* Note [1] de Mlle **Suzanne Veil**, présentée par M. Georges Urbain.

La gélatine ayant été montrée [2] manifester dans le champ électrique un échelonnement de la concentration en ions hydrogène consécutif à ses déformations mécaniques, il était intéressant de déterminer le gradient de potentiel qui s'établit dans ces conditions au sein du milieu. Le problème a été présentement abordé à l'électromètre par exploration du gel, entre une électrode et l'autre, au moyen d'une électrode-sonde.

La gélatine est coulée sur une plaque de verre pourvue de deux armatures métalliques parallèles entre lesquelles le champ s'établit symétriquement. Aux deux paires de quadrants de l'électromètre sont respectivement connectées la cathode et la sonde exploratrice. Une graduation fixée sous la plaque de verre permet des repérages de distances. Il est essentiel que les armatures et la sonde exploratrice soient de même métal, afin de ne point introduire d'effets Volta parasites. Sur toute préparation, des déterminations successives sont pratiquées au cours du temps.

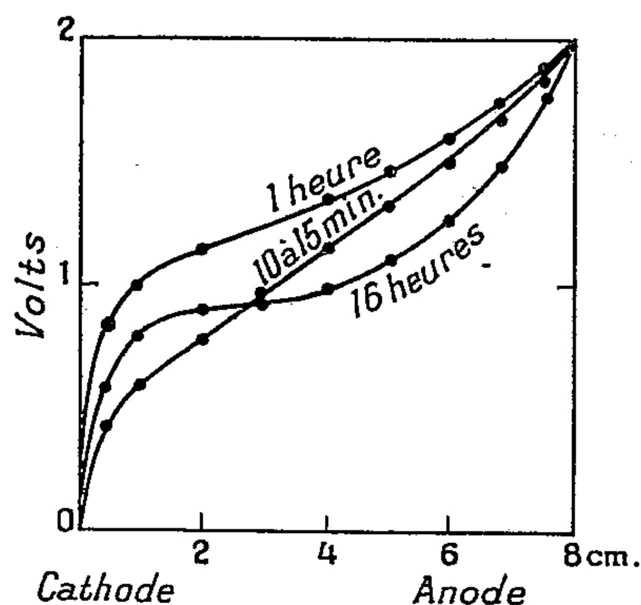
Les expériences illustrées par le diagramme ci-après et qui se rapportent à diverses durées d'application (10-15 minutes, 1 heure et 16 heures) d'une tension de 2 volts et à un intervalle d'armatures de 8^{cm}, montrent l'allure générale des phénomènes. Au début de l'application de la tension, la seule chute sensible de potentiel qui se manifeste a lieu à proximité de la cathode.

---

(1) Séance du 19 mai 1937.

(2) *Comptes rendus*, **194**, 1932, p. 454.

Au cours du temps, apparaît encore à l'anode un autre saut de potentiel, pouvant éventuellement dépasser le premier. La portion de courbe approximativement rectiligne, qui correspond à la région d'inflexion, diminue



Gradient de la gélatine sous 2 volts, après diverses durées d'application du champ.

constamment de longueur, en même temps que s'abaisse son coefficient angulaire.

Les zones de discontinuité du gel contiguës aux électrodes (œdème cathodique et dépression anodique) sont donc pratiquement seules décelées à l'électromètre, à l'exclusion de toutes autres zones s'accusant par déformations ou par virages d'indicateurs. Dans les champs suffisamment étendus, les régions éloignées des électrodes tendent, au cours du temps, vers un gradient de potentiel nul.

PHYSICOCHIMIE. — *Anomalies de la dispersion de la lumière par les solutions colloïdales d'argent.* Note de M. **Casimir Jausseran**, présentée par M. Charles Fabry.

C. Mie [1] a déduit en 1908 des équations de Maxwell une théorie des solutions colloïdales, que l'on peut résumer brièvement comme suit : Toutes les propriétés optiques d'un milieu trouble supposé constitué par des particules sphériques en suspension très diluée, se déduisent de la connaissance d'un nombre restreint de paramètres complexes, calculables à partir de

---

(1) *Ann. der Phys.*, 25, 1908, p. 377.

de réfraction ν_0 du milieu qui le contient. Si le diamètre des particules est inférieur à une centaine de millimicrons, un seul paramètre complexe $a'_1 - a''_1 i$ (notations de Mie) suffit à prévoir les propriétés de la solution. Depuis sa publication, la théorie de Mie a reçu de nombreuses confirmations expérimentales; les plus récentes relatives à l'argent paraissent être celles de M. Savostjanowa et de Tcherdyncev [2].

Gans et Happel [3] ont repris et complété la théorie de Mie. Ils l'ont étendue notamment au cas des solutions plus concentrées et calculent en particulier l'indice complexe $\nu_1 - i\varkappa_1$ de la solution à partir des paramètres de Mie. Dans le cas de particules assez petites ν_1 et $\varkappa_1$ ne dépendent que de a'_1 et a''_1; et si, de plus, les concentrations ne sont pas trop fortes, les formules de Gans et Happel se réduisent facilement aux expressions

$$\nu_1 = \nu_0\left(1 + \frac{3}{2}\,\mathrm{C}a'_1\right) \qquad x_1 = \frac{3}{2}\,\nu_0 \mathrm{C} a''_1$$

C désignant la concentration *en volume* de la solution considérée, autrement dit ν_1 ne dépend plus que d'un seul des coefficients de Mie.

Je me suis proposé de vérifier, dans le cas des solutions colloïdales d'argent dans l'eau, celle de ces relations qui donne ν_1; elle est valable tant que le titre (en poids) est inférieur à 10^{-2}. J'ai étudié des solutions dont les titres ont varié de $2,10^{-6}$ à 10^{-3}, obtenues à partir d'argent colloïdal solide Poulenc. L'indice à mesurer ne diffère de celui de l'eau que de quelques dix-millièmes, or, une variation de température de 1° produit, pour l'eau, des variations d'indice de cet ordre de grandeur. La méthode différentielle que j'ai employée élimine cet effet de température.

Un prisme creux de 60° est placé à l'intérieur d'une cuve à faces à peu près planes et parallèles contenant de l'eau. Une des faces de la cuve, normale au faisceau incident, porte un diaphragme fixe de faibles dimensions. Le prisme est appliqué contre cette face et peut toujours être calé dans la même position. Pour les radiations visibles les mesures sont faites à l'aide d'un grand goniomètre de Brünner, donnant 2″ par division du tambour micrométrique, précédé d'un monochromateur dont la fente est éclairée par un arc à mercure Philips HP 300. Pour les radiations invisibles ou l'indice de réfraction complexe $\nu - i\varkappa$ du corps en suspension et de l'indice

(2) *IXe Congrès Intern. de Phot.*, 1935, p. 94; *ibid.*, 1935, p. 122.
(3) *Ann. der Phys.*, 29, 1912, p. 277.

trop absorbées, j'ai appliqué par photographie la méthode des prismes croisés.

Pour éliminer l'influence des faces de la cuve et de celles du prisme, on compare les déviations produites par le prisme lorsqu'il contient soit de l'eau, soit la solution. Comme les différences d'indice entre l'eau et la solution sont faibles, cette élimination est parfaite dans le cas des mesures visuelles; tous les angles étant mesurés par projection sur le plan du limbe, on tient automatiquement compte de la faible obliquité de l'arête du prisme creux par rapport à l'arête du prisme équivalent à l'ensemble des faces de verre, aussi bien au cours de la mesure de la déviation que de celle de l'angle du prisme. Les clichés photographiques permettent de déterminer les indices pour les radiations invisibles à l'aide des mesures visuelles.

Le tableau suivant donne, pour chaque longueur d'onde, la valeur expérimentale de la différence *dn* entre l'indice d'une solution d'argent colloïdal au millième et l'indice de l'eau. Ces nombres peuvent être considérés comme correspondant à l'indice de réfraction pour l'incidence normale : pour les solutions étudiées l'influence de l'incidence sur l'indice réel est pratiquement nulle. Ils comportent une précision de 1 à 2 pour 100 du rouge au vert, mais les erreurs peuvent dépasser 10 pour 100 dans la région d'absorption et dans l'ultraviolet. Pour comparer les mesures à la théorie de Mie-Gans et Happel, j'ai calculé la valeur théorique de *dn* pour plusieurs diamètres de particules sphériques à partir des constantes optiques de l'argent massif mesurées par Minor ([4]). Celles qui figurent dans la troisième ligne du tableau correspondent à un diamètre de $40^{m\mu}$.

λ (mμ)......	630.	579.	546.	517.	492.	436.	404.	366.	355.	344.	333.
$dn \times 10^5$ mes..	27,8	31,7	34,9	40	43	37	5	−13	−15	− 8	−3
» calc..	28,0	30,0	32,8	36,8	42,0	44,0	9,0	−11	−12	−11	−9

La concordance de la théorie et de l'expérience est satisfaisante; on ne saurait d'ailleurs en conclure que les grains de la solution ont en réalité $40^{m\mu}$, même en moyenne, la théorie montre en effet que ce sont les plus petits grains qui comptent le plus.

Il est d'autre part intéressant de souligner que la courbe de dispersion obtenue présente une allure très analogue à celle que l'on rencontre dans la dispersion anomale; la région d'inflexion de cette courbe correspond

([4]) *Ann. der Phys.*, 10, 1903, p. 581.

d'ailleurs à la zone d'absorption maximum des solutions étudiées. Il en résulte, en particulier, que la présence du colloïde protecteur, indispensable à la stabilité de la solution, ne gêne pas l'observation.

En définitive, on est en droit de conclure que, bien que l'hétérogénéïté du milieu étudié lui impose des propriétés optiques spéciales, son indice de réfraction est néanmoins calculable en utilisant pour le métal dispersé les mêmes constantes optiques que celles du métal à l'état massif.

PHYSICOCHIMIE. — *Étude par effet Raman de deux complexes molybdotartriques dans l'eau.* Note de Mlle **Marie Théodoresco**, présentée par M. Charles Fabry.

Ce travail a eu pour but une étude comparative entre les raies Raman de solutions d'acide tartrique (¹), de molybdate neutre de sodium et des deux complexes molybdotartriques $[TH^2, MoO^3]Na^2$ et $[2TH^2, MoO^3]Na^4$ (²). J'ai été amenée à faire aussi une autre comparaison dont il sera question plus loin.

Les substances utilisées ont été purifiées avec beaucoup de soin. Pour la préparation des complexes, j'ai suivi les indications données par M. Yeu Ki Heng (²).

J'ai d'abord été frappée par l'analogie que présente le molybdate neutre de sodium $MoO^4Na^2, 2H^2O$ avec le tungstate neutre de sodium $WO^4Na^2, 2H^2O$ (³), quand on considère leurs spectres Raman. Ces spectres présentent le même aspect, la même disposition et le même nombre de raies. On en voit trois. Considérées dans le sens des fréquences Raman croissantes, les deux premières raies du molybdate diffèrent à peine de quelques unités Raman des deux premières raies du tungstate. La troisième raie du molybdate présente le caractère très particulier de la troisième raie du tungstate.

$MoO^4Na^2, 2H^2O$ (⁴).......	environ	316 cm⁻¹	837 cm⁻¹	895 cm⁻¹
$WO^4Na^2, 2H^2O$...........	environ	321 cm⁻¹	832 cm⁻¹	934 cm⁻¹
Différence en unités Raman..........		+ 5	+ 5	+ 39

(¹) *Comptes rendus*, 202, 1936, p. 1676.

(²) *Thèse*, 1936.

(³) *Comptes rendus*, 203, 1936, p. 668.

(⁴) Conforme à ce qui a été trouvé par Damaschun, *Z. phys. Chem.*, (B), 16, 1932, p. 81.

Poursuivant l'étude, j'ai constaté que les complexes molybdotartriques offrent aussi une grande analogie avec les complexes tungstotartriques dont les raies d'un seul ont été publiées ([3]).

Comparés entre eux, les spectres des deux complexes molybdotartriques semblent posséder les mêmes raies; une seule cependant, la plus intense et la plus fine, qui paraît avec ses caractères particuliers dans tous les composés du molybdène semble très légèrement déplacée en passant d'un complexe à l'autre. Elle a pour fréquence Raman environ 924 cm^{-1} dans le complexe ($2TH^2$, MoO^3) Na^4 et 934 cm^{-1} dans le complexe (TH^2, MoO^3)Na^2.

Comparé au spectre de molybdate de sodium, celui des deux complexes comprend avec un déplacement vers les fréquences croissantes la raie dont il vient d'être question avec ses caractères particuliers de finesse et d'intensité. Elle a dans le molybdate la fréquence Raman 895 cm^{-1} environ.

La raie qui a pour fréquence Raman dans le spectre du molybdate de sodium environ 316 cm^{-1}, semble devenir la raie 383 cm^{-1} environ dans les deux complexes. A noter cependant que l'acide tartrique possède aussi une raie très faible dans cette région; c'est celle qui a pour fréquence Raman 362 cm^{-1} environ.

Que devient la raie 837 cm^{-1} environ du molybdate? Le spectre de l'acide tartrique possède la même raie, plus fine et moins intense. Dans cette région, je retrouve, en étudiant le complexe, deux raies voisines : une très faible qui a pour fréquence Raman environ 812 cm^{-1} et une autre encore plus difficile à repérer et qui a pour fréquence Raman environ 847 cm^{-1}. J'attribuerais la première à la raie 837 cm^{-1} du molybdate et la seconde à la raie qui a même fréquence Raman 837 cm^{-1} environ dans l'acide tartrique.

D'une façon générale et exception faite pour la raie du carboxyle, le spectre Raman des complexes molybdotartriques comparé à celui de l'acide tartrique, possède les raies de ce dernier avec un léger déplacement pour la plupart.

Certaines raies très faibles de l'acide tartrique, obtenues à de fortes concentrations, ne se retrouvent pas dans les complexes, mais on ne peut pas dire qu'elles ont disparu, parce que j'ai été obligée d'utiliser les complexes à des concentrations beaucoup plus faibles. D'autre part une impureté, sous forme de bande large allant de 4506 Å à 4660 Å environ dans le spectre de mercure, m'a empêchée d'explorer cette région.

Les raies qui ont pour fréquence Raman dans l'acide tartrique environ 890 cm^{-1} et 1136 cm^{-1} ne semblent pas déplacées.

Celles qui ont dans l'acide tartrique environ les fréquences 520 cm^{-1}, 837 cm^{-1}, 987 cm^{-1}, 1088 cm^{-1}, 1273 cm^{-1}, une bande allant de 1394 cm^{-1} à 1464 cm^{-1} ont environ pour fréquence dans les complexes : 449 cm^{-1}, 847 cm^{-1}, 997 cm^{-1}, 1059 cm^{-1} et 1074 cm^{-1}, une bande allant de 1361 cm^{-1} à 1431 cm^{-1}.

La seule raie qui subisse une modification notable est celle du carboxyle. Dans l'acide tartrique, cette raie est assez forte et présente un maximum qui a pour fréquence 1730 cm^{-1} environ. Cette raie se transforme en une bande très large, très flou et d'intensité très faible. Cependant on ne peut douter de son existence. Elle s'étend de 1547 cm^{-1} environ à 1642 cm^{-1} environ. Elle occupe la même région dans les tungstotartrates.

Ces modifications de la raie du carboxyle sont probablement dues à une association moléculaire, c'est-à-dire à la formation des complexes.

Les résultats que je viens de donner ne sont pas en désaccord avec ce qui a été trouvé par la polarisation rotatoire, c'est-à-dire la formation des deux complexes $[TH^2, MoO^3]Na^2$ et $[2TH^2, MoO^3]Na^4$.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur la détermination de la solubilité des électrolytes peu solubles, précipités, en présence de leurs produits de réaction. Application au chlorure d'argent.* Note de M. **Ch. Bedel**, présentée par M. Paul Lebeau.

La précision que comportent les analyses basées sur la formation de précipités est fonction de la solubilité de ces substances en présence des autres produits de la réaction.

Nous avons imaginé la méthode suivante, qui permet de déterminer à diverses températures la quantité d'électrolyte dissous dans ces conditions.

Les solutions des deux corps à faire réagir sont titrées de façon à représenter des concentrations de l'ordre de N/100 ou N/1000 selon la solubilité de la substance, qui doit précipiter. Elles sont ajoutées alternativement goutte à goutte dans 1 litre d'eau distillée placé dans une cuve de verre à faces planes parallèles. On se sert pour verser les liquides de deux microburettes graduées en 1/100e de centimètre cube. Après chaque addition des réactifs, on agite soigneusement au moyen d'un appareil à palettes, qui permet un brassage complet du liquide. Le début de la précipitation est

observé en mettant à profit un phénomène de diffraction. On envoie à travers le liquide un faisceau lumineux. Dès que la limite de solubilité est atteinte, il se forme un léger louche que la diffraction rend particulièrement visible. Les mesures peuvent ainsi être faites au 1/100e de centimètre cube près. On calcule alors comme en titrimétrie courante la quantité de sel, qui a pris naissance à ce moment. Ce nombre représente la solubilité de la substance en présence du produit soluble formé dans la réaction, dont la quantité est équimoléculaire ou un multiple de celle du corps, qui s'est précipité.

Afin d'estimer l'influence qu'exerce cette substance soluble, on répète successivement la même expérience après en avoir ajouté dans le liquide des volumes représentant une, deux ou *n* fois cette quantité.

Nous avons appliqué cette méthode tout d'abord au chlorure d'argent en faisant agir sur le nitrate ou le sulfate d'argent de l'acide chlorhydrique ou des chlorures de divers métaux en solution N/1000.

Le tableau ci-dessous montre que la plupart des sulfates ou des nitrates examinés ont peu d'influence sur la solubilité; toutefois, en présence de sels mercuriques, celle-ci augmente rapidement. Ceci est d'ailleurs en accord avec les observations de Wackenroder (1) puis de Morse (2), qui ont indiqué que le chlorure d'argent se dissout dans les sels de mercure.

Solutions réagissantes (N/1000).	Produit soluble formé et quantités ajoutées (gr.).	Solubilité de ClAg (en gr. par litre).
$ClNa + NO^3Ag$....	NO^3Na	$4,93.10^{-4}$
	$2,97.10^{-4}$	5,50
	11,91	5,80
	23,82	5,90
	47,64	6,00
	297,85	6,88
	1787,10	6,90
$ClH + NO^3Ag$....	NO^3H	4,46
	1,95	4,54
	3,90	4,62
$ClLi + NO^3Ag$....	NO^3Li	4,77
	2,28	4,86
	4,56	4,95

(1) *Liebigs Ann.*, **41**, 1842, p. 317.
(2) *Z. physik. Chem.*, **41**, 1902, p. 709.

Solutions réagissantes (N/1000).		Produit soluble formé et quantités ajoutées (gr.).	Solubilité de ClAg (en gr. par litre).
$Cl^2Ba + NO^3Ag$....	$(NO^3)^2Ba$		$4,47.10^{-4}$
		$8,10.10^{-4}$	4,57
		16,20	4,61
$Cl^2Mn + NO^3Ag$....	$(NO^3)^2Mn$		4,74
		5,91	4,77
		11,82	4,80
		29,55	4,90
$ClH + SO^4Ag^2$....	SO^4H^2		4,34
		1,47	4,35
		2,94	4,41
$Cl^2Hg + NO^3Ag$....	$(NO^3)^2Hg$		5,90
		13,30	10,01
		26,60	19,80
		53,20	40,06
		106,40	89,63
		212,80	264,50
		638,40	693,50
		1915,20	1607,00
$Cl^2Hg + SO^4Ag^2$.....	SO^4Hg		6,71
		13,63	8,74
		27,26	17,38
		54,52	35,25
		109,04	74,75
		218,08	151,70
		654,24	441,20

La concentration des liqueurs réagissantes a peu d'importance. Il semble toutefois que la solubilité tende à diminuer lorsque cette concentration augmente, ainsi que le prouvent les nombres suivants :

	Concentrations		
Substances réagissantes.	N/100.	N/500.	N/1000.
$ClNa + NO^3Ag$............	$4,49.10^{-4}$ g/lit	$4,62.10^{-4}$	$4,93.10^{-4}$
$Cl^2Mn + NO^3Ag$...........	4,63	–	4,74

La présence de produits de réaction restés en solution accroît donc la solubilité du chlorure d'argent parfois dans de notables proportions. Toutefois quelles que soient ces variations, on remarque que les courbes représentatives des données numériques ci-dessus fournissent, lorsqu'on les extrapole jusqu'à la concentration nulle en corps soluble, une même valeur :

$4,4.10^{-4}$ gramme par litre. Celle-ci correspond précisément au nombre que nous avons obtenu expérimentalement en mélangeant des solutions équimoléculaires d'acide chlorhydrique et d'hydrate d'argent.

CHIMIE PHYSIQUE. — *La structure du chrome électrolytique.* Note (¹) de M. **Michel Cymboliste**, présentée par M. Léon Guillet.

J'ai examiné (²) l'effet des différentes conditions chimiques, physiques et électriques sur la dureté du chrome électrolytique. Dans le présent travail, je me suis proposé d'étudier leur effet sur la structure.

J'ai utilisé des éprouvettes d'acier préalablement polies, puis rayées à intervalles réguliers; la présence de ces accidents de surface ordonne l'orientation de la structure qui a pu ainsi être dégagée des variations d'aspect dues à l'emploi des réactifs.

Le réactif qui a donné généralement les meilleurs résultats est : CrO^3 450 g/l, SO^4H^2 0,5 g/l, utilisé à 80° C en faisant passer un courant continu sous une densité de courant de 0,25 A/dm², l'anode étant l'éprouvette de chrome, la cathode une lame de plomb. La durée de l'attaque varie, suivant la nature du chrome, de 5 à 600 secondes.

J'ai examiné ainsi les coupes normales à la surface de plus de 300 éprouvettes, obtenues avec des bains de compositions chimiques diverses (teneurs croissantes en CrO^3, SO^4—, Cr^{III}, Fe, Ni, Co, Cu, Al, Zn, K, Na) et sous des conditions d'électrolyse variables. J'ai constaté que chacun de ces facteurs a un effet sensible sur la structure, dont les différents aspects peuvent se classer en trois catégories :

Structure A, dont les figures 1, 2, 3, 4 montrent les aspects les plus caractéristiques. Elle est formée de cristaux orientés normalement à la surface et peut contenir des inclusions parallèles aux cristaux. De la figure 1 à la figure 4, la dimension des cristaux et la vitesse d'attaque par les acides (SO^4H^2, HCl, CrO^3) décroissent, tandis que la dureté Brinell du dépôt augmente de H400 à H1200. Les inclusions verticales, sous forme de bâtonnets, apparaissent toujours d'autant plus nombreuses et courtes que les cristaux sont petits; ces inclusions sont d'une importance capitale car elles déterminent la qualité du chrome électrolytique; l'étude de leur nature est en cours.

(¹) Séance du 24 mai 1937.

(²) *Comptes rendus*, **204**, 1937, p. 1069.

Structure A.

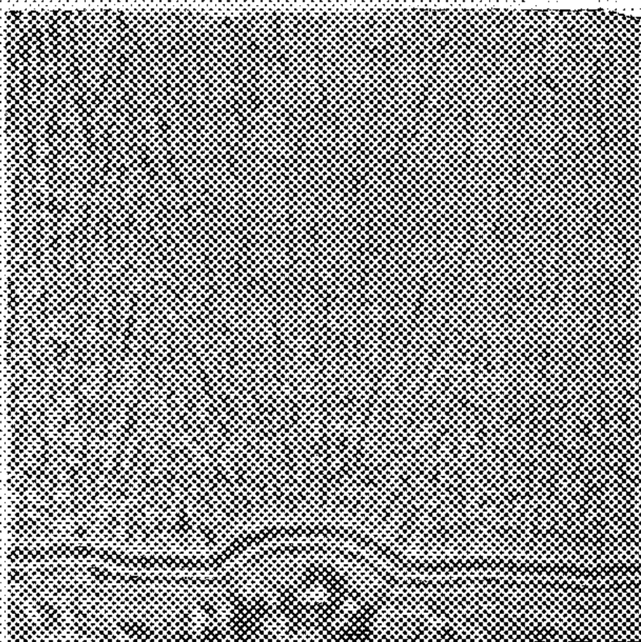


Fig. 1. — H 400. × 400.

Structure A.

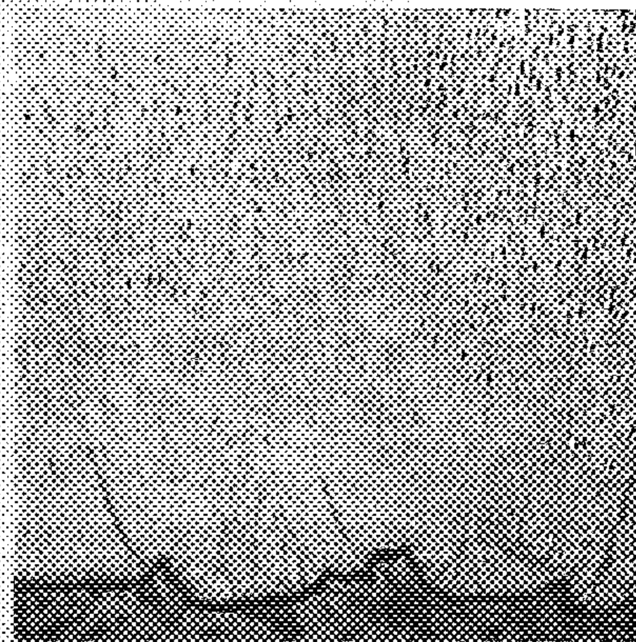


Fig. 2. — H 500. × 250.

Structure A.

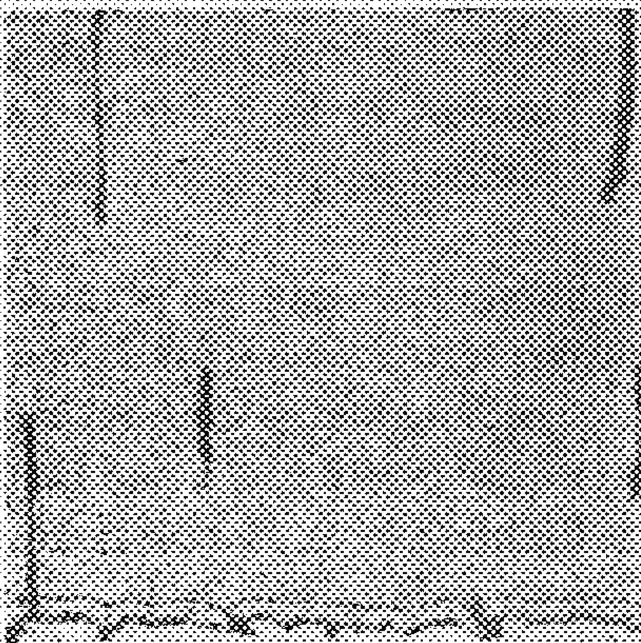


Fig. 3. — H 600. × 250.

Structure A.

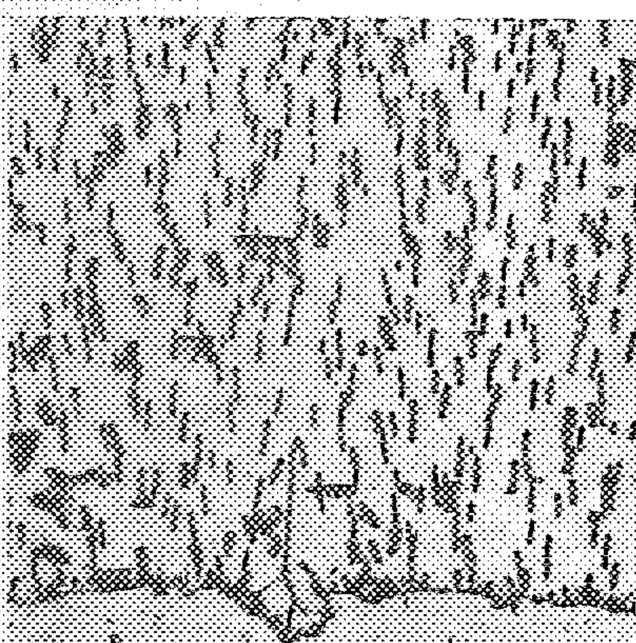


Fig. 4. — H 800. × 150.

Structure B.

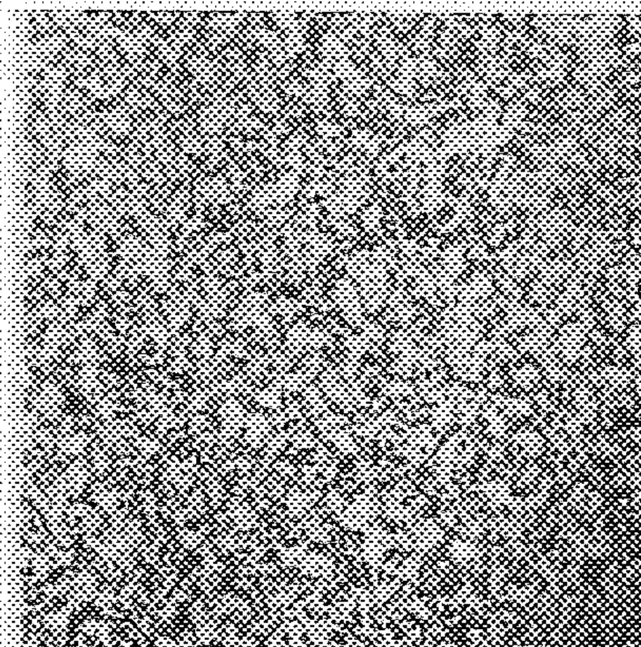


Fig. 5. — H 500. × 250

Structure C.

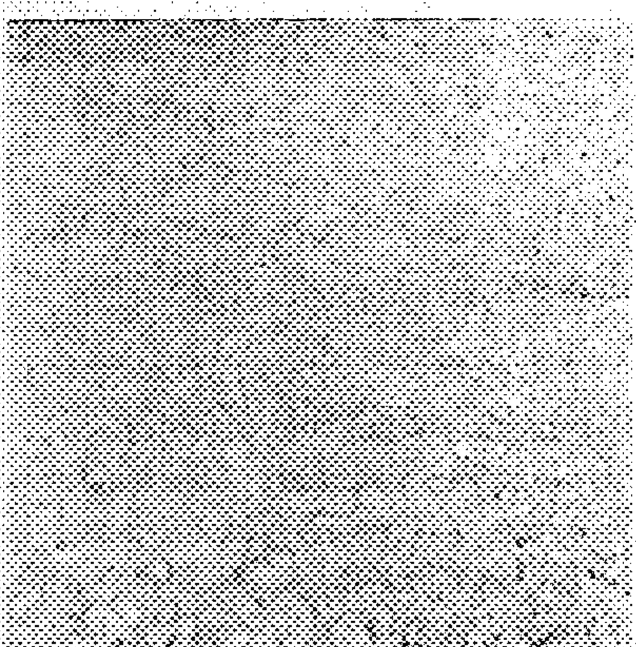


Fig. 6. — H 600. × 250.

Il y a en définitive, concomitance entre la finesse de la structure, la densité des inclusions, la dureté Brinell et la vitesse d'attaque par les acides.

Les différents aspects de la structure A, variant progressivement de la figure 1 à la figure 4, sont obtenus de façons très diverses : par la diminution de la température du bain, l'augmentation de la densité de courant cathodique, la diminution de la concentration en CrO^3 ou du rapport Cr^{VI}/SO^{4--}, l'augmentation de la concentration des anions tels que Cr^{III}, Fe^{III}, Ni^{II}, Co^{II}, ..., d'une façon générale, en agissant sur tout facteur augmentant le rendement en courant, qui passe de 5 à 20 pour 100, de la figure 1 à la figure 4.

Structure B (*fig.* 5), sans cristaux apparents même après attaque prolongée; elle contient des inclusions très nombreuses mais non orientées. Les dépôts offrant cette structure sont obtenus de bains dans lesquels Cr^{VI}/SO^4 est supérieur à 200 et le rendement en courant supérieur à 20 pour 100 malgré la faible teneur en ions SO^{4--}; leur aspect est peu affecté par les variations de la densité de courant et leur dureté varie de H 450 à H 650. La vitesse d'attaque par les acides est plus lente qu'avec les dépôts de structure A.

Structure C (*fig.* 6), présente un aspect homogène mais ne permet de distinguer ni cristaux, ni inclusions; elle caractérise les dépôts formés à des températures inférieures à 38° C., à des rendements en courant supérieurs à 20 pour 100. L'aspect de ces dépôts et leur dureté voisine de H 600, varient peu avec la densité de courant et la diminution de la température. Leur vitesse d'attaque par les acides est plus grande que pour les dépôts de structure A.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Action réductrice et condensatrice des benzylates alcalins sur les cétones et les aldéhydes, et sur les alcools α — β non saturés.* Note (1) de M. Pierre Mastagli, présentée par M. Marcel Delépine.

En collaboration avec MM. L. Palfray et S. Sabetay (2) nous avons étudié l'action des benzylates alcalins sur certains aldéhydes cycliques ou

(1) Séance du 24 mai 1937.

(2) *Comptes rendus*, 203, 1936, p. 1523. Notre Note était du 28 décembre 1936. Nous venons d'avoir connaissance d'un brevet allemand n° 639624 résumé dans le *Chemisches Centralblatt*, 108, 1937, p. 2259, portant sur le même type de condensation entre les alcoolates alcalins et les aldéhydes aliphatiques.

acycliques, aldolisables ou non. Nous avons montré qu'il y avait : 1° échange fonctionnel par oxydation et réduction entre l'aldéhyde considéré et l'alcool benzylique; 2° condensation, en α, du radical benzyle; 3° réduction dans certaines conditions de la double liaison α — β. Nous montrons ici que le domaine d'application peut être considérablement élargi; car la méthode s'applique dans les mêmes conditions, non seulement aux cétones, mais encore aux alcools.

A. Nous avons choisi trois cétones de type différent, l'une, la cétone de Michler inapte à la condensation α, les deux autres s'y prêtant, mais différant par les noyaux aromatiques, à savoir : l'acétophénone et la β-méthyl-naphtyl-cétone.

La cétone de Michler, F 173°, chauffée à 210° avec une solution de potasse benzylique N/1 se réduit totalement en hydrol de Michler, F 96°, aux dépens de l'alcool benzylique qui s'oxyde en acide benzoïque.

L'acétophénone, traitée durant deux heures, à 210°, par de la potasse benzylique, a fourni, par la réduction de sa fonction cétone et la condensation en α du radical benzyle : 1° 80 pour 100 de diphényl-1.3-propanol-1, $Éb_{15}$ 194°, $n_D^{19,5}$ 1,5742, d_4^{21} 1,0585. Allophanate, F 99°; 2° 20 pour 100 de phényl-1-dibenzyl-2.2-éthanol-1, $Éb_{15}$ 254°-255°, $n_D^{20,5}$ 1,5914, d_4^{22} 1,0782; R. M. calc. 94,45, trouvée 94,5. L'oxydation chromique de ces deux alcools fournit les cétones correspondantes : la benzyl-acétophénone, F 72°, et la dibenzyl-acétophénone, F 78°.

La *p*-méthyl-acétophénone, dans les mêmes conditions, fournit des produits de condensation et de réduction analogues. On obtient le phényl-4-*p*-tolyl-1-propanol-1, $Éb_{13}$ 200°, d_4^{20} 1,0380, $n_D^{19,8}$ 1,5684. Allophanate, F 111°. L'oxydation chromique conduit à la benzyl-*p*-méthyl-acétophénone, décrite par Mailhe, F 69°.

La β-méthyl-naphtyl-cétone se comporte comme l'acétophénone; même réduction de la fonction cétone aux dépens de l'alcool benzylique et même condensation avec le radical benzyle. On obtient, de fait, le phényl-3-naphtyl-1-propanol-1, $Éb_{1}$ 217°-219°, F 63°. L'oxydation chromique fournit la cétone correspondante, F 93°, l'oxydation nitrique l'acide β-naphtoïque, F 180°.

B. Les alcools possédant une double liaison située en α-β subissent de la part de la potasse benzylique les mêmes réactions d'hydrogénation et de condensation, ce qui ne manque pas d'être assez inattendu. L'alcool cinnamique fournit, dans ces conditions, le dibenzyl-2.2-éthanol, Eb_{15} 202°,

n_D^{14} 1,5693, d_4^{21} 1,0524. Allophanate, F 140°. L'oxydation de ce composé donne l'acide dibenzyl-acétique, F 89°.

La même réduction des liaisons α-β éthéniques a été observée dans le cas des alcools α-butyl, α-pentyl, α-hexyl cinnamiques. Ces alcools non saturés ont été obtenus en chauffant à 100° avec de la *soude* benzylique N/1 les aldéhydes correspondants. On ne peut, de fait, se servir de la *potasse* benzylique, qui, même à 100°, sature les liaisons α-β éthéniques, alors que la soude benzylique les laisse intactes. Voici les constantes observées de l'alcool α-pentyl-cinnamique préparé par cette méthode : Eb_{12} 162°, d_4^{19} 0,9549, $n_D^{17,6}$ 1,5249. Allophanate, F 160°.

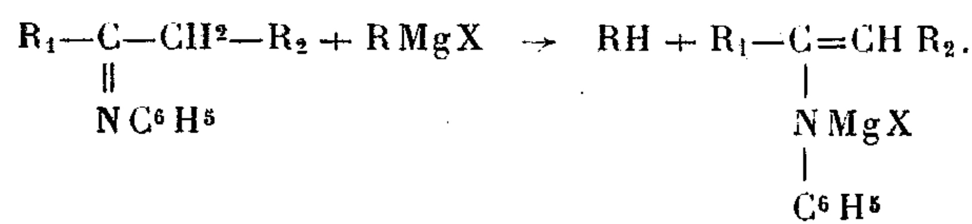
C. Enfin nous avons étendu nos essais à de nouveaux et nombreux aldéhydes linéaires. Nous avons observé dans chaque cas la formation de deux alcools saturés; l'un provenant du doublement de la molécule par aldolisation et crotonisation, puis réduction et hydrogénation de cet aldéhyde crotonique; l'autre provenant de la condensation du radical benzyle sur le carbone en α, fournissant ainsi un alcool dihydro-α-alcoyl-cinnamique.

Le tableau ci-dessous contient (*a*) les constantes des alcools obtenus par doublement, (*b*) les constantes des alcools du type α-alcoyl-dihydro-cinnamique correspondants.

Aldéhydes normaux.	Alcools ramifiés obtenus.	Température d'ébullition.	Densité.	Indice de réfraction.	Allophanate F.
Butanal.....	*a*. Éthyl-2-hexanol	Eb_{16} 85°	d_4^{15} 0,8435	n_D^{16} 1,4390	125°
	b. Dihydro-α-éthyl-cinn.	Eb_{15} 134	d_4^{18} 0,9783	n_D^{16} 1,5180	134
Hexanal.....	*a*. Butyl-2-octanol	Eb_{15} 132	$d_4^{16,5}$ 0,8371	n_D^{16} 1,4435	119
	b. Dihydro-α-butyl-cinn.	Eb_{15} 155	d_4^{18} 0,9581	n_D^{20} 1,5138	144
Octanal.....	*a*. Hexyl-2-décanol	Eb_{15} 177	$d_4^{16,5}$ 0,8409	$n_D^{16,5}$ 1,4520	90
	b. Dihydro-α-hexyl-cinn.	Eb_{15} 176	d_4^{25} 0,9328	n_D^{21} 1,5025	124
Nonanal.....	*a*. Heptyl-2-undécanol	Eb_{15} 198	d_4^{15} 0,8446	n_D^{15} 1,4550	80
	b. Dihyro-α-heptyl-cinn.	Eb_{15} 186	d_4^{17} 0,9177	n_D^{17} 1,4950	115
Décanal.....	*a*. Octyl-2-dodécanol	Eb_{15} 215	d_4^{21} 0,8329	n_D^{19} 1,4545	69
	b. Dihydro-α-octyl-cinn.	Eb_{15} 200	d_4^{17} 0,9203	$n_D^{16,5}$ 1,4961	117
Undécanal...	*a*. Nonyl-2-tridécanol	Eb_{15} 235	$d_4^{17,5}$ 0,8476	n_D^{17} 1,4582	80
	b. Dihydro-α-nonyl-cinn.	Eb_{14} 207	d_4^{18} 0,9099	$n_D^{19,2}$ 1,4910	97
Dodécanal...	*a*. Décyl-2-tétradécanol	Eb_{15} 250	d_4^{17} 0,8513	n_D^{17} 1,4606	72
	b. Dihydro-α-décyl-cinn.	Eb_{15} 221	d_4^{14} 0,9146	$n_D^{14,5}$ 1,4945	109
Undécylène-1-al-10....	*a*. Nonène-2-tridécylènol	Eb_{15} 235	d_4^{16} 0,8678	n_D^{17} 1,4720	75
	b. Dihydro-α-nonène-2-cinn.	Eb_{15} 211	$d_4^{16,5}$ 0,9255	$n_D^{16,5}$ 1,5012	109

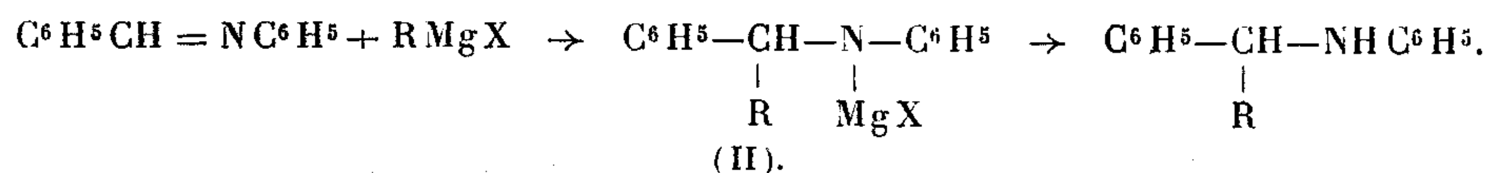
CHIMIE ORGANIQUE. — *Action des dérivés organomagnésiens sur les dérivés phényliminés du benzile.* Note de Mlles **Marthe Montagne** et **Marguerite Garry**, présentée par M. Marcel Delépine.

Les résultats publiés antérieurement par l'une de nous ([1]) nous ont amenées à étudier comment se comportent, vis-à-vis des dérivés organomagnésiens, le monoanile (F. 105) et le dianile (F. 144) d'une dicétone α, le benzile. Les études faites déjà sur les cétoaniles ([1]) ([2]) ont montré que l'action des dérivés organomagnésiens sur ces corps consiste essentiellement à les transformer suivant le schéma (I) en dérivés énaminiques isomères, dérivés qui peuvent ou non eux-mêmes entrer ultérieurement en réaction



L'anile de la benzophénone ([2]), non susceptible d'une telle transformation, ne réagit pas avec les dérivés organomagnésiens.

Nous pouvions nous attendre que les dérivés phényliminés du benzile, s'il était possible de les faire entrer en réaction, se comporteraient comme la benzalaniline ([3]), qui additionne les réactifs de Grignard, en conduisant, par hydrolyse à des amines secondaires

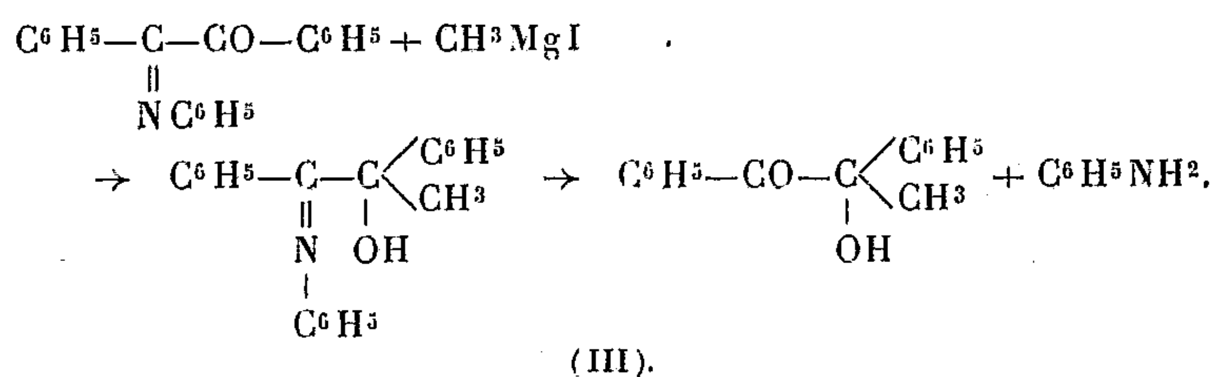


Nous espérions en outre, pour le monoanile du benzile, limiter l'attaque du réactif magnésien à la seule fonction cétone. C'est en effet ce que nous avons observé dans les condensations du monoanile avec l'iodure de méthylmagnésium, même lorsque ce réactif est employé en grand excès et avec un chauffage prolongé. On obtient, avec un excellent rendement, le dérivé phényliminé de la méthylbenzoïne, fondant à 104°,5, très aisément

---

([1]) M. Montagne, *Comptes rendus*, 199, 1934, p. 671.
([2]) Short et Watt, *Chem. Soc.*, 135, 2e série, 1930, p. 2293.
([3]) Busch, *Ber. d. Chem. Ges.*, 37, 1904, p. 2691; *ibid.*, 38, 1905, p. 1761.

hydrolysé en aniline et méthylbenzoïne très pure

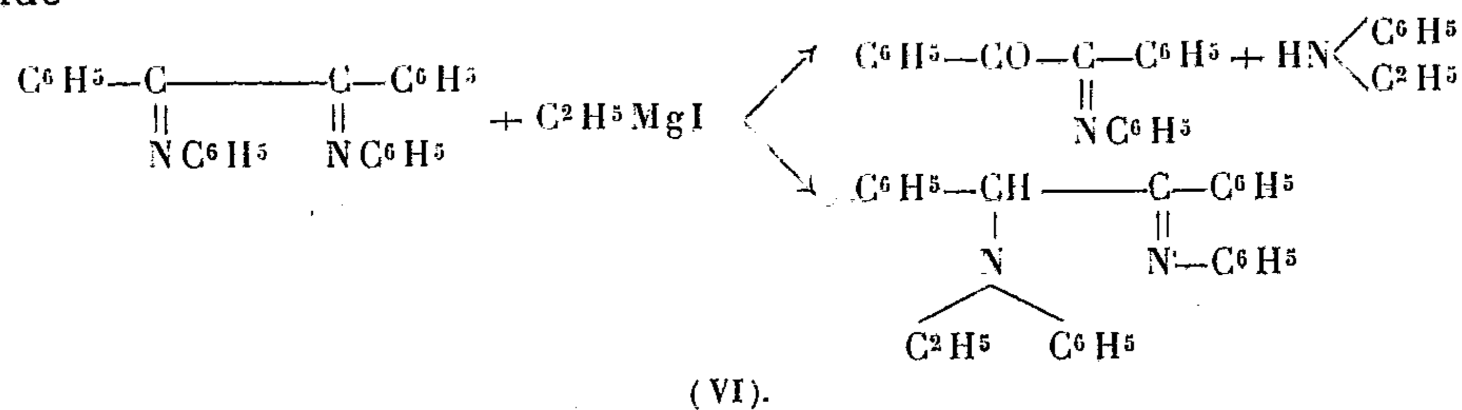


Malheureusement, les autres dérivés organomagnésiens que nous avons condensés avec le monoanile du benzile : C^2H^5MgBr, C^2H^5MgI, C^6H^5MgBr, n'agissent sur ce corps que pour le couper en benzanilide et acide benzoïque et le dédoubler en aniline et benzile; ce dernier dédoublement ne paraît pas correspondre à une hydrolyse du monoanile au cours des opérations, il est dû à l'action du dérivé organomagnésien lui-même.

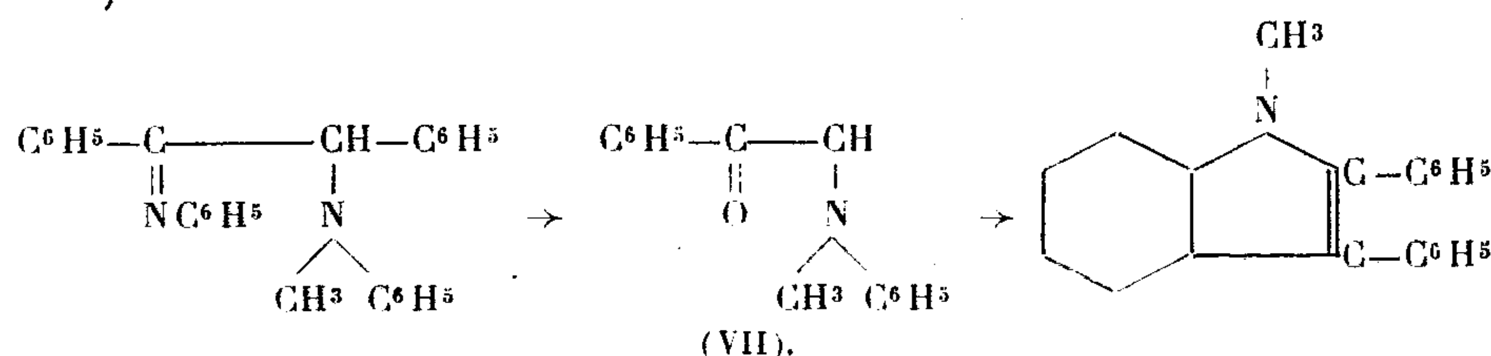
Les condensations réalisées avec le dianile du benzile nous ont conduites à des résultats plus intéressants. Tout d'abord, ici encore il n'a été possible de faire entrer en jeu qu'un seul des deux groupements fonctionnels; le groupement phényliminé qui réagit additionne le dérivé organomagnésien, mais contrairement à ce qui se passe avec la benzalaniline (réaction II), le radical (CH^3 ou C^2H^5) se fixe *uniquement* sur l'atome d'azote. On obtient donc, dans ces condensations les deux composés



Le composé (IV), fondant à 154°, se forme avec un excellent rendement dans l'éther anhydre; au contraire, le composé (V), F. 181°, est obtenu en faible quantité avec l'iodure d'éthylmagnésium dans l'éther, ou le bromure d'éthylmagnésium en solution benzénique; à côté de ce composé on isole, en effet, de l'éthylaniline et le monoanile du benzile et une trace de benzanilide



La constitution des composés (IV) et (V) a été établie par hydrolyse chlorhydrique à l'ébullition. Dans ces conditions, le composé (IV) donne naissance, à côté d'aniline, à un chlorhydrate, F. 145°, qui se transforme très aisément en méthyl-1-diphényl-2.3-indène, F. 139°, préparé par Bischler et Fireman ([4]), en chauffant le chlorure de désyle avec la méthylaniline,



Les conditions expérimentales de l'hydrolyse ne nous ont pas permis d'isoler l'α-aminocétone intermédiaire qui a été décrite par Cameron ([5]). L'hydrolyse du composé (V), faite sur une faible quantité, nous a donné de l'aniline et un composé liquide non encore identifié.

On retrouve donc, avec le monoanile et le dianile du benzile, mais plus fortement marquée, la propriété que possède le benzile lui-même de réagir par un seul groupement fonctionnel sur les dérivés organomagnésiens.

PHYSIQUE CRISTALLINE. — *Effet Raman en lumière circulaire dans le quartz, observé suivant l'axe optique*. Note de M. **Charles Bouhet**, présentée par M. Charles Mauguin.

J'ai réalisé un montage permettant d'étendre aux cristaux, particulièrement à ceux doués de pouvoir rotatoire, les belles recherches de Hanle ([1]) et R. Bär ([2]) sur la polarisation circulaire des raies Raman dans les liquides.

Montage. — Les expériences ont été faites sur le quartz. Le faisceau de lumière circulaire incidente était dirigé suivant l'axe du quartz; on observait la lumière diffusée dans la direction opposée au sens de propagation de ce faisceau.

([4]) *Ber. d. Chem. Ges.*, 26, 1893, p. 1337.
([5]) *Chem. ZentrBl.*, 1, 1930, p. 1134.

([1]) *Annalen der Physik*, 11, 1931, p. 885; 15, 1932, p. 345.
([2]) *Helvetica Physica Acta*, 4, 1931, p. 130.

Un condensateur donne d'un arc à mercure pris en bout une image sur un diaphragme D_1; le faisceau issu de D_1 est repris par une lentille, traverse un polariseur circulaire, et entre dans le canon de quartz normalement à la face utile taillée perpendiculairement à l'axe; la lentille donne de D_1 une image D_2 sur la face terminale du cristal qui est taillée à 45° de l'axe pour éliminer le faisceau réfléchi; l'élimination complète de ce faisceau est assurée en immergeant la face terminale du quartz dans un liquide d'indice convenable, une matière colorante jaune dissoute éliminant de plus l'effet Raman et la fluorescence du liquide d'immersion.

La lumière diffusée éclaire un miroir à 45° très étroit, placé près de la face d'entrée du quartz et allongé parallèlement à celle-ci; il jouera le rôle d'une fente. On forme de ce miroir une image à cheval sur les deux plages d'un double analyseur circulaire, puis on reprend cette image pour la projeter sur la fente du spectrographe. On obtient ainsi deux spectres contigus contenant l'un les vibrations circulaires droites, l'autre les circulaires gauches.

L'angle fait par les rayons incidents et diffusés avec l'axe du quartz est au maximum de 3°; avec des conditions aussi strictes, les temps de pose sont de l'ordre d'une centaine d'heures (plaques Superfulgur).

Définitions. — Une vibration circulaire diffusée sera dite *régulière* si, observée dans le prolongement du faisceau incident, son sens de rotation est le même que celui de la vibration incidente; elle sera dite *inverse* dans le cas opposé. Dans le montage employé, où le faisceau observé se propage en sens contraire du faisceau incident, les définitions doivent être inversées; dans ce cas, la lumière incidente étant droite, une vibration *régulière* sera *gauche*, une vibration *inverse* sera *droite*.

Résultats expérimentaux. — 1° On n'observe aucun changement dans le spectre de diffusion si l'on remplace un quartz droit par un quartz gauche; naturellement, dans les deux cas, le sens de rotation des vibrations diffusées se renverse si l'on change le sens de rotation de la lumière incidente.

2° Toutes les raies observées sont *complètement polarisées circulairement;* les vibrations sont, soit régulières, soit inverses. Le tableau suivant donne les changements de fréquence (en cm^{-1}) des raies observées, ainsi que la nature de la polarisation :

Régulières (cm^{-1})............		207	355		465		
Inverses (cm^{-1})..............	128			394		696	1161

Ces fréquences sont en bon accord avec celles données antérieurement par les expériences en lumière rectiligne.

Interprétation des résultats. — La théorie de la polarisation des raies Raman (basée sur la notion de *molécule anisotrope*) donnée par J. Cabannes ([3]) permet d'obtenir les règles de polarisation suivantes, dans le cas de la lumière circulaire :

Si l'on éclaire un cristal uniaxe par un faisceau de lumière circulaire se propageant suivant l'axe, les vibrations diffusées observées dans la direction de l'axe seront polarisées circulairement; les oscillations *symétriques* par rapport à l'axe donneront des circulaires *régulières;* les oscillations *dégénérées* par rapport à l'axe donneront des circulaires *inverses*.

Dans le cas du quartz, les fréquences 207, 355, 465 cm^{-1} qui donnent des circulaires régulières correspondent donc à des oscillations symétriques par rapport à l'axe; les fréquences 128, 394, 696 et 1161 cm^{-1} qui donnent des circulaires inverses correspondent à des oscillations dégénérées par rapport à l'axe.

Le montage décrit permet donc un classement facile des raies Raman d'un cristal; il est particulièrement indiqué dans le cas de cristaux doués de pouvoir rotatoire.

GÉOLOGIE. — *Sur la constitution et la genèse des roches vertes syriennes.* Note ([1]) de M. **Louis Dubertret**, présentée par M. Charles Jacob.

De Lattaquié à Marach (Turquie), des roches vertes s'étendent sur 200^{km}; elles suivent, au Sud-Est, un contour sinueux, tandis qu'elles s'enfoncent au Nord-Ouest sous la mer et la plaine miocène de Cilicie. La largeur couverte dépasse 60^{km}.

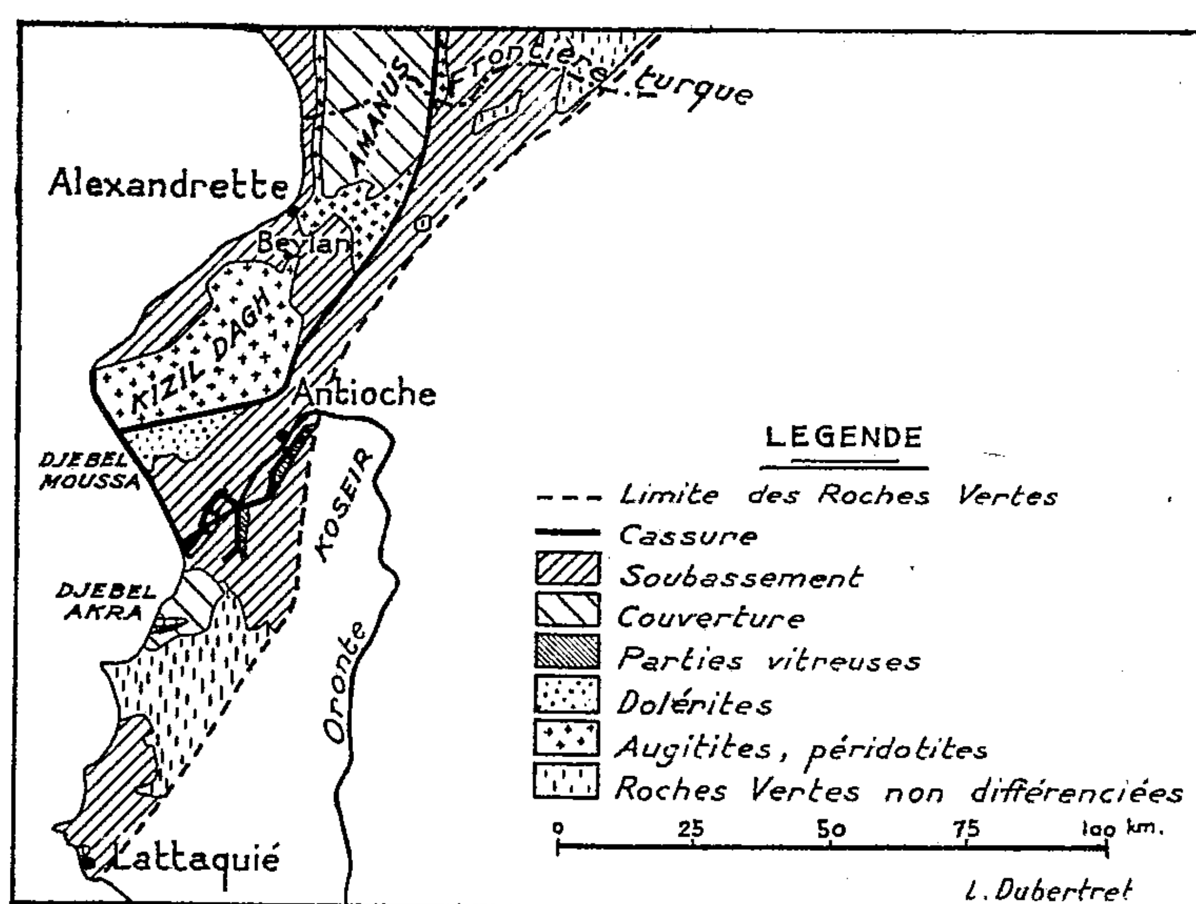
Des cassures divisent ces roches vertes en parcelles, qui ont joué les unes par rapport aux autres; mais à l'origine, il s'est agi d'une nappe éruptive unique, différenciée verticalement. Les parcelles sont inégalement érodées et présentent donc des surfaces de natures diverses.

La partie profonde de la nappe apparaît dans les régions montagneuses. Dans l'Amanus, au Nord du Col de Beylan, le soubassement crétacé, mis à nu, porte des périodotites et les termes de passage à des augitites. Au Sud du Col, le horst trapu du Kizil Dagh est constitué

([3]) *Annales de Physique*, 18, 1932, p. 285.

([1]) Séance du 24 mai 1937.

par un cœur de péridotites et une enveloppe d'augitites; les ravins s'y encaissent d'un millier de mètres. Vers la périphérie, les augitites passent à des gabbros et diorites. Dans le fossé de l'Oronte est conservée, au contraire, la partie superficielle de la nappe éruptive; elle est bien dégagée tout le long du contact avec le Kizil Dagh et sa relation avec la partie profonde s'établit au Nord du Djebel Moussa, où le rejet entre le horst et le fossé s'atténue. Aux gabbros et diorites se superposent près de 1000^m de dolérites et andésites. Aucune roche vitreuse n'a été trouvée dans cette



L'extension des roches vertes syriennes.

région. Mais il en apparaît sur le bord du plateau du Koseir, qui domine au Sud le fossé de l'Oronte. Les roches vertes y pointent le long de failles, par petites taches. A mi-distance entre Antioche et la mer, elles sont scoriacées, semi-vitreuses. Au-dessus de la ville, des affleurements terreux, noirs, correspondent à des verres, friables, à délit en oreiller, emballant des boulets ovoïdes plus compacts. La masse vitreuse englobe des paquets de sédiments, visiblement entraînés par le magma.

Ces faits révèlent l'origine superficielle et en grande partie sous-marine des roches vertes syriennes; leur épaisseur atteint 2000^m. Ils montrent aussi que les lambeaux bréchiques, d'âges triasique, jurassique et aptien, que j'ai signalés ([2]) à la surface des roches vertes, en expliquant leur présence

([2]) *Comptes rendus*, 204, 1937, p. 283.

par des phénomènes dynamiques, ont été, au moins en partie, apportés par le magma, et ce fait invalide l'hypothèse d'un charriage important de la nappe des roches vertes.

A Chypre, les roches vertes sont les mêmes que sur le continent, et G. Cullis ([3]) les a expliquées également comme énormes coulées sous-marines. Or, en Syrie ([4]) comme à Chypre ([5]), les roches vertes ont pour soubassement le Cénomanien et peut-être même des couches du Sénonien. Elles sont recouvertes par une série sédimentaire transgressive, qui débute par des couches à Hippurites et Orbitelles du Maestrichtien. Les épanchements datent du début du Sénonien ou même du Maestrichtien.

L'importance du phénomène, apparente déjà par son extension à Chypre et au Nord-Ouest de la Syrie, peut être pleinement appréciée si l'on songe qu'il paraît se reproduire dans les chaînes du Kurdistan et de l'Oman ([6]), où sont signalés des massifs de serpentines, gabbros, diorites, passant confusément à des laves à délit en oreiller, toutes roches attribuées approximativement à la fin du Crétacé.

GÉOPHYSIQUE. — *Variations de température de l'ozone atmosphérique suivant sa provenance.* Note de MM. **Daniel Barbier**, **Daniel Chalonge** et **Etienne Vassy**, présentée par M. Charles Fabry.

A la suite d'un hivernage à Abisko (Laponie suédoise), nous avons publié une série de mesures de l'épaisseur réduite de l'ozone atmosphérique ([1]) et montré, en nous appuyant sur les cartes météorologiques, qu'il existait une corrélation entre l'épaisseur d'ozone et l'origine de l'air. Ainsi les faibles épaisseurs d'ozone correspondent à de l'air chaud subtropical, tandis que les fortes épaisseurs correspondent à de l'air froid d'origine polaire.

Les bandes d'absorption de l'ozone atmosphérique diffèrent sensible-

([3]) *Bull. of the Institution of Mining and Metallurgy*, n° 307, p. 21-24, Londres, avril 1930.

([4]) L. Dubertret, *La tectonique de la Syrie septentrionale à la fin du Crétacé et au début du Tertiaire* (*Notes et Mém. du H. C. F.* à Beyrouth, Paris 1933).

([5]) C. Renz, *Praktika Ac. Athènes*, 4, 1929, p. 301.

([6]) G. N. Lees, *Quart. Journ.*, 84, Part 4, 1928.

([1]) *Comptes rendus*, 201, 1935, p. 787.

ment, ainsi que nous l'avons montré ([2]), de celles obtenues au laboratoire, et ce phénomène s'explique par la basse température de l'ozone stratosphérique. La température de la stratosphère variant avec la latitude, nous nous sommes proposé de rechercher s'il n'existait pas une relation entre la température de l'ozone (ozone stratosphérique) et l'origine de l'air.

Dans ce but, nous avons procédé de la façon suivante. La méthode de mesure précédemment décrite ([2]) nous donnait les coefficients d'absorption de l'ozone atmosphérique pour la région spectrale comprise entre 3100 et 3300 A et pour les longueurs d'onde des maxima et des minima d'absorption. Le problème revenait donc à comparer les coefficients relatifs à l'air d'origine polaire avec ceux relatifs à l'air d'origine subtropicale. La discrimination entre ces deux sortes d'air n'est pas toujours facile, les cartes météorologiques étant établies pour le niveau du sol, alors que l'altitude moyenne de l'ozone se trouve entre 20 et 30^{km}, et d'autre part, il est très difficile pendant les périodes troublées de connaître avec certitude la nature de l'air. Aussi avons-nous utilisé les données les plus sûres en les affectant d'un poids variable avec la probabilité relative à l'origine de l'air et en laissant de côté les cas les plus douteux. Après avoir fait les moyennes, nous avons obtenu les deux séries de coefficients cherchés. Afin de les comparer, il nous a paru commode de porter sur un graphique les points ayant pour abscisses les coefficients relatifs à l'air polaire et pour ordonnées ceux relatifs à l'air subtropical. Alors que les points représentant les maxima d'absorption se placent, comme on doit s'y attendre, sur la première bissectrice ([3]), les points représentant les minima s'en écartent systématiquement, mettant ainsi en évidence une différence de température. On peut mettre encore mieux cet écart en évidence en comparant dans les deux cas la différence entre les coefficients d'absorption d'un maximum et du minimum consécutif. C'est ce que montre le tableau suivant :

	Différence entre les coefficients relatifs à					
	3278 et 3268.	3248 et 3239.	3220 et 3213.	3200 et 3190.	3275 et 3168.	3155 et 3151.
Air polaire	0,102	0,138	0,104	0,114	0,049	0,060
Air subtropical....	0,140	0,153	0,127	0,129	0,070	0,080

On voit que le contraste des bandes de Huggins est plus grand pour l'ozone d'origine subtropicale que pour l'ozone d'origine polaire. Ceci

([2]) *Revue d'Optique*, 14, 1935, p. 425.

([3]) VASSY, *Thèse*, Paris 1937.

montre que la température de l'air à l'altitude du centre de gravité de la couche d'ozone est moins basse pour l'air polaire que pour l'air subtropical, ainsi que l'on devait s'y attendre, d'après les données que l'on possède sur la température de l'atmosphère aux différentes altitudes et aux différentes latitudes. Ainsi le réseau de courbes publié par Ramanathan ([4]) montre qu'à l'altitude de 25^{km}, la température de la stratosphère à 45° de latitude est inférieure de 15 à 20° à celle du pôle. L'effet trouvé semble bien de l'ordre de grandeur qui permettait de prévoir les données quantitatives obtenues au laboratoire ([3]).

L'étude présente concorde avec la précédente ([1]) pour montrer que les déplacements de grandes masses d'air observés au niveau du sol peuvent s'étendre à des altitudes très élevées et que le spectre d'absorption de l'ozone atmosphérique permet de les observer commodément.

PALÉONTOLOGIE. — *Sur le genre* Trigonoides, *mutation génétique stable du genre* Trigonia. Note ([1]) de M. **Josué Heilmann Hoffet**, présentée par M. Charles Jacob.

Le genre *Trigonoides* fut créé en 1936 par Kobayashi et Suzuki ([2]) pour un Lamellibranche schizodonte de la famille des Trigoniacées, vivant en eau saumâtre et s'éloignant suffisamment du type *Trigonia* pour motiver une appellation nouvelle. Ayant à ma disposition un matériel paléontologique remarquable par sa conservation et recueilli dans le Sénonien du Bas-Laos, il m'est possible de compléter la diagnose des auteurs japonais et de la formuler comme suit.

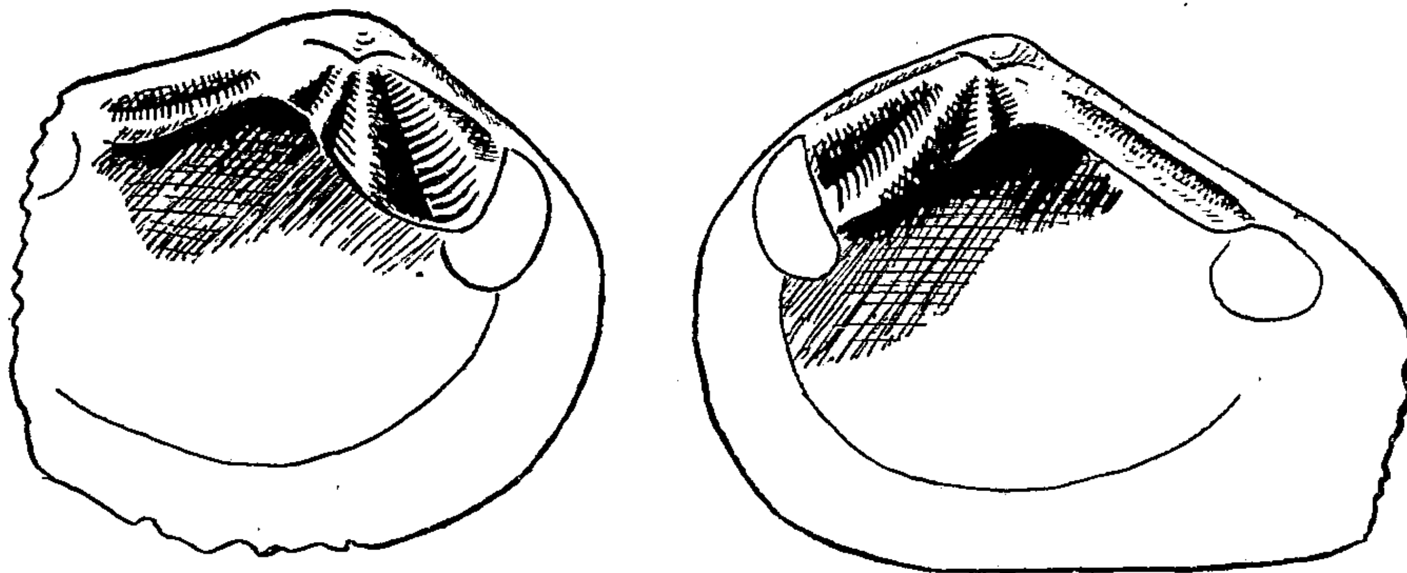
Les caractères généraux des *Trigonoides* sont ceux du genre *Trigonia*, dont ils diffèrent cependant par l'ornementation de la coquille. Les côtes du côté postérieur sont toujours plus fortes que celles du côté antérieur, ce qui est caractéristique des *Unio* ornées. Elles se coupent généralement en V. La charnière est doublement schizodonte, en ce sens que la dent médiane s'est séparée en deux une seconde fois.

([4]) *Nature*, **123**, 1929, p. 834.

([1]) Séance du 24 mai 1937.

([2]) *Japanese Journal of Geology and Geography*, **13**, n°s 3 et 4, Tokyo, octobre 1936, p. 243.

Si l'ornementation est foncièrement différente du type normal, la charnière par contre semble suivre à travers tout le groupe des Trigonies une véritable *Mutationsrichtung* (Neumayr) : dent cardinale triangulaire entière et lisse dans *Cyrtonotus* et *Schizodus* du Dévonien, première



Charnière de Trigonoides montrant la double division de la dent cardiale.
(Dessins faits d'après une photographie).

division de cette dent chez *Myophoria* du Trias; apparition de stries sur les dents chez les vraies *Trigonia* du Secondaire, enfin deuxième division de la dent cardinale dans *Trigonoides*.

Nous avons là une belle illustration d'une préadaptation orthogénique telle que l'entend M. L. Cuénot (³) et que détermine un changement de milieu un peu brutal.

La dernière mutation semble stable, *Trigonoides Kodaira* de Corée datant de la fin du Jurassique ou du début du Crétacé, alors que les espèces de Muong Phalane (Laos) sont sénoniennes par les restes de *Mandchurosaurus* qui les accompagnent. Seuls les détails de l'ornementation varient.

On sait que Neumayr (⁴) puis Steinmann font descendre les *Unio* des Trigonies par l'intermédiaire du genre *Castalia*. A part les objections à cette théorie qui découlent de l'apparition dans le temps des *Unio* (Trias) et des *Castalia* (actuel), le sens de l'évolution orthogénique des Trigonies marines, par l'intermédiaire du milieu saumâtre vers l'eau douce, semble s'opposer à cette manière de voir.

Il serait plus facile de concevoir une origine commune bien plus ancienne,

---

(³) *L'Adaptation, Bibliothèque de Biologie générale*, Paris, 1925.

(⁴) *Sitzb. der Wiener Akademie*, 98, 1889, p. 35.

pré-dévonienne, des deux groupes. Trigonies et Unios suivraient dans le temps une évolution parallèle, prouvée par de nombreuses convergences : Ornementation des Unios costulés en V ou pustuleux, qui rappellent beaucoup celle des Trigonies et en particulier celle des Trigonoidés, charnière convergeant fortement dans le groupe des *Castalia* vers celle des Trigonies, tant par une sorte de division de la dent cardinale que par la striation des dents. Nous aurions là deux phyllums qui suivent des *Mutationsrichtungen* semblables, laissant supposer un même ancêtre qui leur a légué un potentiel préadaptatif et orthogénique commun.

CYTOLOGIE VÉGÉTALE. — *Numération chromosomique et étude de la mitose chez deux* Crotalaria. Note de M. **André Eichhorn**, présentée par M. A. Guilliermond.

Le dénombrement des chromosomes a été effectué dans le méristème radiculaire de *Crotalaria fulva* et de *Crotalaria spinosa* à partir de germinations issues de graines provenant du Jardin botanique de Tananarive. Pour les deux espèces le nombre de 16 chromosomes a été trouvé et ce chiffre est le même que celui rencontré par d'autres auteurs pour des espèces de ce genre. Il semble donc qu'il y ait uniformité quant au nombre de chromosomes à l'intérieur de ce genre, puisque le chiffre de 16 a été rencontré chez des espèces de localisation différente. Ici même l'une d'elles, *fulva*, est asiatique, tandis que la seconde est africaine. Aucun de ces chromosomes n'offre de caractère particulier, tous ayant même forme, celle d'un bâtonnet légèrement incurvé, et sensiblement même taille, assez réduite. L'aspect comme le cycle de la mitose sont comparables dans l'un et l'autre cas. Un caractère assez particulier de ce noyau est le peu de chromaticité de ses éléments, le nucléole mis à part. En effet, au repos, le nucléole seul retient fortement les colorants alors que l'enchylème nucléaire ne les retient pas. Néanmoins la cavité nucléaire ne paraît pas optiquement vide, elle est remplie d'un suc plus dense que le cytoplasma environnant et qui est teinté légèrement en gris par l'hématoxyline. Si la régression à l'alun est peu poussée, maintenant en quelque sorte une surcoloration, on trouve de place en place, dans la cavité, de minuscules granulations colorées en noir, qui retiennent fort peu le colorant. Mais si la différenciation est un peu plus prononcée, de manière à permettre la lecture des plaques équatoriales ou des télophases, les granules en question

deviennent invisibles dans les noyaux au repos ou quiescents. Ceci est du reste analogue à ce qui se passe dans le noyau de *Musa* (ainsi que je l'ai indiqué antérieurement) dont la division nucléaire rappelle, en de nombreux points, celle du *Crotalaria*. On peut penser qu'ainsi s'expliquerait le fait que Tischler (1) ne trouvait, chez le *Musa sapientium* (1910), qu'un nombre de chromocentres égal à la moitié environ des chromosomes, et d'autre part, l'idée de Kuhn (2) que les chromocentres disparaissent toujours en fin de télophase, pour réapparaître *de novo*, au début de la prophase.

Chez les *Crotalaria* examinés ici, le début de la mitose se marque par l'acquisition d'une plus forte chromaticité de la part des chromocentres, qui en même temps grossissent. On constate alors que ces éléments sont en relation avec l'enchylème nucléaire lui-même, dont la consistance semble avoir augmenté et qui se découpe en forme de minces et longues lanières sinueuses. A chaque chromocentre est ainsi rattaché, de chaque côté, un ruban, d'abord achromatique, qui se raccourcit peu à peu à mesure que la prophase avance, en même temps qu'il acquiert une chromaticité égale à celle des chromocentres, dont il est assez malaisé de dire s'il occupe une position parfaitement médiane dans l'ensemble du chromosome ainsi constitué. Il paraît, néanmoins, certain qu'un seul chromocentre sert de point de départ à la formation d'un chromosome, contrairement à ce qui a lieu dans d'autres cas. Le clivage ne paraît s'effectuer qu'en métaphase. Ce stade, comme l'anaphase, n'offre aucun caractère nouveau. Parvenus aux termes de leur déplacement vers les pôles, les chromosomes perdent peu à peu leur chromaticité et seuls persistent les chromocentres.

Quant au nucléole volumineux qui occupe une grande partie de la cavité nucléaire, il offre la particularité d'émettre un certain nombre de protubérances de place en place sur son pourtour. Celles-ci demeurent, en général, assez petites et sont tantôt rapprochées, tantôt éloignées l'une de l'autre. Elles se détachent rarement du nucléole et quand elles le font, ne s'éloignent que peu de lui, à l'inverse de ce qui se passe dans de nombreux cas. Lorsqu'il existe un second petit nucléole, que l'on peut appeler secondaire, celui-ci bourgeonne à son tour. Le nucléole persiste inchangé jusqu'en fin de prophase et l'on peut alors discerner encore les protubérances situées

(1) *Archiv. für Zellf.*, 5, 1910, p. 622-670.
(2) *Ber. d. bot. Ges.*, 47, 1929, p. 420-430.

autour de lui. Toute crainte d'une confusion avec les chromocentres est écartée à ce moment. A la métaphase, parfois, le nucléole se scinde en haltère et il est assez malaisé de dire si ce partage a lieu en parties égales de chaque côté de la plaque métaphasique. Il se déchromatinise le plus souvent à la métaphase et il est rare de voir émigrer, au devant du lot de chromosomes, en anaphase, une des moitiés de l'haltère qui perd, dans ce cas, sa chromaticité avant la télophase. Ici, comme ailleurs, la formation du nucléole dans les noyaux-fils est énigmatique puisque l'on constate l'apparition, dans chacun de ceux-ci, de trois granules nucléolaires qui, par confluence, reconstitueront le nucléole unique du noyau quiescent ou au repos.

Dans un certain nombre de préparations, on rencontre, à chaque extrémité de la figure mitotique, dans les vues longitudinales de métaphases et d'anaphases, un granule de chromaticité réduite et qui rappelle ceux auxquels Feng ([3]) avait attribué la valeur de centrosomes.

Ce sont sans doute des images du même genre qu'obtint récemment Mme Heim-Eftimiu ([4]). Sans pouvoir actuellement se prononcer sur l'interprétation donnée par ce dernier auteur, il convient de souligner que, fréquemment, le nucléole est porteur de plusieurs protubérances et que celles-ci ne dérivent pas par bipartition d'un bourgeon primordial, à tout le moins dans le cas des deux *Crotalaria* étudiés.

ÉCOLOGIE VÉGÉTALE. — *Sur une nouvelle représentation graphique des résultats des analyses physique et granulaire du sol.* Note ([1]) de M. **Jean Trochain**, présentée par M. Louis Blaringhem.

L'étude de la végétation du Sénégal m'a conduit à procéder à des mesures écologiques parmi lesquelles les analyses physique et granulaire de sols portant des groupements végétaux déterminés.

Les méthodes de l'analyse physique ([2]) permettent de mesurer : 1° les volumes pour 100 respectivement occupés dans un sol en place par l'air,

([3]) *Le Botaniste*, série 26, 1934, p. 68.
([4]) *Le Botaniste*, série 28, 1937, p. 55.

([1]) Séance du 19 avril 1937.
([2]) R. Siegrist, *Abrégé de l'analyse physique du sol*. Traduction H. Meier. Rap. 1930 de la *Stat. intern. géobot. méditer. et alpine*, Montpellier, 1931, p. 15-26.

l'eau et les parties solides; 2° les volumes pour 100 respectivement occupés dans le même sol saturé d'eau par l'air, l'eau et les parties solides.

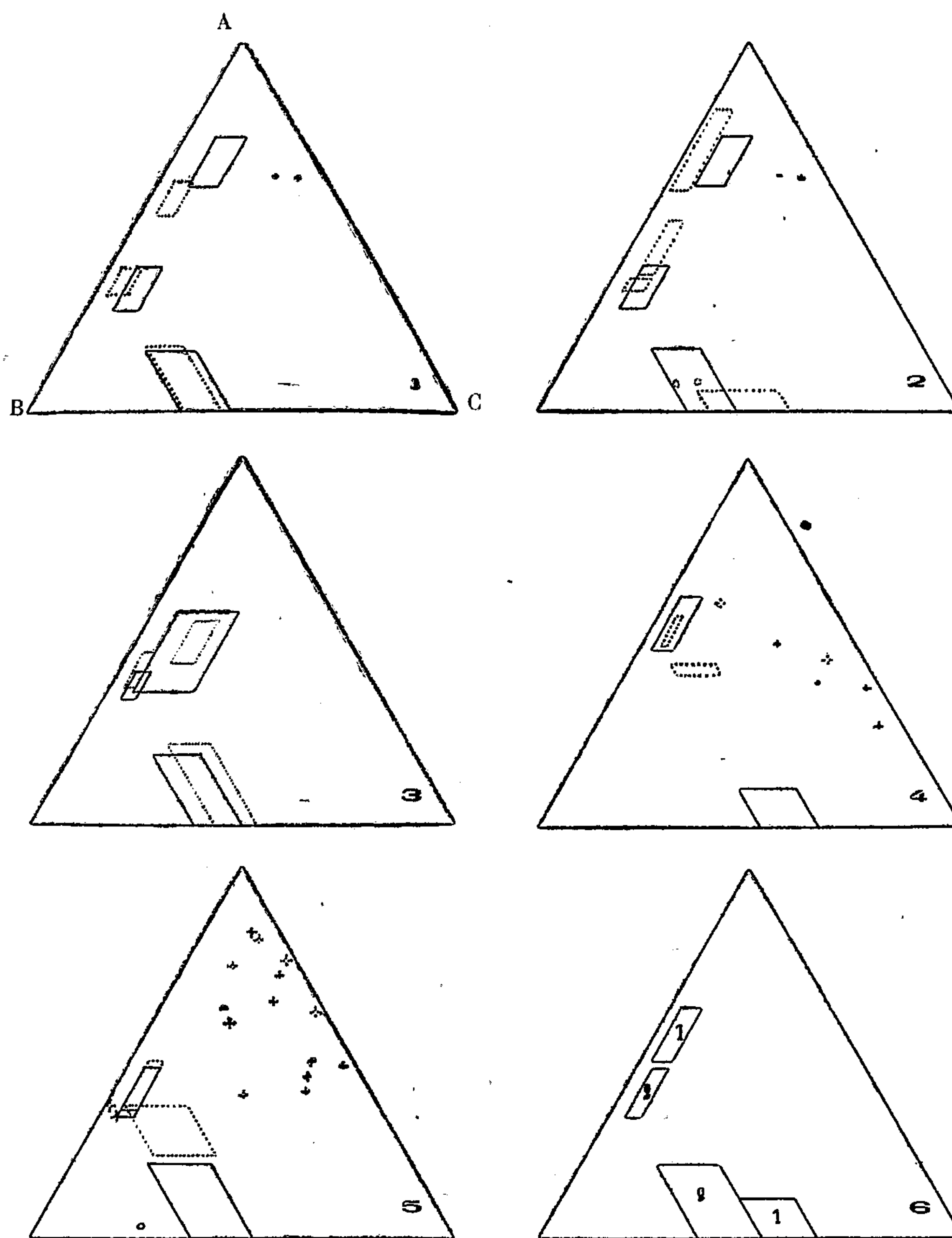


Fig. 1, 2, 3, 4, 5, 6. — Représentation graphique des analyses physique et granulaire de sols du Sénégal.

L'analyse granulaire (méthode internationale A) permet de fractionner le sol en : 3° argile (I), limon (II), sable fin (III), sable grossier (IV). Dans mes recherches j'ai extrait ensemble I + II.

Pour un sol, on a donc les relations suivantes :

(1) Contenu en air + contenu en eau + volume des parties solides (P. S.) = 100;
(2) Pouvoir de rétention minima de l'air (p. r. m. air) + pouvoir de rétention maxima de l'eau (p. r. M. eau) + P. S. = 100;

(3) $(I + II) + III + IV = 100.$

La synthèse de ces trois groupes de trois variables est facilitée par l'emploi de graphiques à coordonnées trilinéaires.

Une analyse (1) est représentée par un point dont les distances aux côtés AB, BC, CA d'un triangle équilatéral sont proportionnelles au contenu en air, au contenu en eau, enfin au volume des parties solides (*fig.* 1). Sur ce triangle équilatéral on opère de même avec les autres groupes de variables (2) : p. r. m. air, p. r. M. eau, P. S., puis (3) : (I + II), III et IV. Les données des différentes analyses de chaque échantillon de sol sont alors figurées par la position relative des trois points.

Si l'on groupe plusieurs sols sur un même graphique, on peut inclure dans un périmètre les points correspondants à une analyse. Trois surfaces sont ainsi délimitées : la plus rapprochée du sommet A donne la moyenne des analyses granulaires; au-dessous de cette représentation vient celle des pouvoirs de rétention; enfin plus bas, et en général au contact de la base BC, celle des contenus en air, eau et P. S. La superposition de deux graphiques synthétisant les analyses de deux groupes de sols donne les schémas ci-contre.

Dans ces figures, on distingue nettement les différences qui existent entre les sols de la savane à *Acacia stenocarpa* Hochst. dominant (traits pleins) et ceux : 1° de la savane-taillis ou savane arbustive à *Combretum glutinosum* Perr. d'une part (traits ponctués) (*fig.* 1); 2° de la savane à *Acacia Raddiana* C. Savi dominant (traits ponctués) (*fig.* 2) dans la zone sahélienne. Deux sols à *Acacia stenocarpa* aberrants par leur composition granulaire, ne sont pas inclus dans le périmètre correspondant. Lorsque *Acacia stenocarpa* vit en mélange avec *Acacia Raddiana*, les valeurs des différentes analyses se rapprochent l'une de l'autre.

Dans la figure 3 sont représentées les caractéristiques des sols de la forêt claire soudanienne (traits pleins) et ceux de cette même forêt à sous-bois d'*Oxytenanthera abyssinica* Munro (traits ponctués).

Les figures 4, 5 et 6 procèdent d'un point de vue différent : j'ai groupé des sols dissemblables comme composition granulaire (leurs données sont figurées sous forme de +) mais chez lesquels prédomine l'action d'un facteur physique, ici l'eau.

Figure 4 et 5 : sols caractérisés par des différences entre contenus en air et en eau suivant la saison (saison sèche en traits pleins).

Figure 6 : sols qui pris en saison sèche, diffèrent par l'allure des pouvoirs de rétention (1 correspond aux sols de la figure 4, et 2 à ceux de la figure 5).

ENTOMOLOGIE. — *Existence probable d'une élite non différenciée d'aspect, constituant les véritables ouvrières chez les* Formica. Note de Mme **Marguerite Combes**, présentée par M. Louis Bouvier.

J'ai entrepris, de 1928 à 1936, de nombreuses séries d'expériences sur l'activité des travailleuses dans des groupes d'individus à nombre variable chez les *Formica rufa*, *fusca* et *pratensis*. Ces groupes ont varié de 2 individus à 250, en espace clos, mais à l'air libre, et n'étaient composés que d'ouvrières.

La première remarque que j'ai faite, c'est que des Fourmis ainsi isolées de leur fourmilière peuvent parfaitement s'organiser et construire des galeries, même si on les prive de larves à soigner. Une seconde remarque, plus importante, c'est que, jusqu'à une centaine d'individus environ, le nombre des ouvrières n'est pas en rapport avec les facultés d'organisation du groupe. Ainsi, j'ai eu des groupes de 40, 50, 64 Fourmis et plus avec larves qui demeuraient inorganisées, tandis qu'il m'est arrivé de réunir 2 Fourmis avec quelques larves et de voir ces deux ouvrières fonder à elles seules une société, bâtir et soigner les larves ; en d'autres cas, 2 Fourmis ensemble restèrent inactives.

Pour contrôler ces faits qui ne semblent pas dus au hasard, j'ai marqué dans chaque groupe les individus qui manifestaient les premiers des facultés de surveillance, d'organisation, ou de travail : ces individus sont les mêmes. La proportion, qui s'établit plus ou moins rapidement ensuite, est toujours à peu près invariable, soit 20 pour 100 d'individus actifs. Mes deux Fourmis actives isolées ayant été choisies parmi cette minorité, faisaient exception à cette règle. Cela me conduisit à introduire dans plusieurs groupes désorganisés une ou deux ouvrières marquées ayant à elles seules organisé le travail dans un autre groupe, et j'obtins successivement, du 8 au 9 septembre, pour un groupe de 14, du 11 au 12 septembre pour une groupe de 5 Fourmis, etc., l'organisation dans ces groupements (*F. fusca*, *F. pratensis*, 1930, 1934). Cependant, je l'ai également constaté, l'initiative d'une seule Fourmi au sein d'un groupe nombreux peut s'exercer isolément et vainement

sans entraîner l'organisation du groupe. En l'été 1936, je recherchai si le choix des individus, par une sorte de sélection, ne pourrait pas rompre cette proportion de 20 pour 100 de Fourmis actives observées par moi. Dans ce but, je marquai de blanc toutes les ouvrières qui, les premières, se mettaient à réorganiser un groupe assez nombreux (sans larves); ces ouvrières marquées atteignirent le nombre de 36. Répétant l'expérience faite avec les 2 *F. fusca* sélectionnées, je plaçai ces 36 Fourmis *seules* ensemble dans un casier. Elles se mirent immédiatement à l'ouvrage, et cette fois la proportion des travailleuses observées fut de 27/27 soit 100 pour 100.

Ayant remarqué l'inactivité absolue d'autres ouvrières qui se massent dans les coins de tous mes casiers sitôt qu'un groupe important y est déversé, je pris 36 de ces Fourmis et les plaçai, également seules ensemble, et sans les marquer, dans un autre casier. La proportion inverse s'établit. Aucune de ces Fourmis ne travaillait, et elles persistaient à se masser dans les coins du casier : soit 100 pour 100 inactives. Cet état dura pour les inactives de 11^h à 17^h40^m (les actives travaillaient depuis la veille 15^h55^m). J'introduisis alors parmi le groupe inactif toutes les Fourmis marquées de blanc, une par une. Celles-ci ne frayaient pas avec les ouvrières non marquées, et j'observai leur tendance à se grouper entre elles. Dans ce cas précis, aucune des blanches ne fit rien avant que les 36 se trouvassent réunies. A ce moment seulement, les blanches se remirent peu à peu au travail, mais seules. Les Fourmis non marquées demeurèrent inactives dans ce groupe nouveau et continuèrent pendant 24 heures à se masser en partie dans les coins. L'expérience ayant commencé le 5 août pour les sélectionnées inactives, je ne vis que deux de celles-ci, dans le groupe mixte formé le 7 août, se mettre enfin au travail le 9 août à 15^h30^m. A l'exception de ces deux ouvrières, toutes les travailleuses furent des Fourmis marquées de blanc (*F. pratensis*, 1936).

Ce qui reste à établir, c'est la durée de l'inaction dans un groupe sélectionné où l'on n'introduirait jamais d'individus actifs. Il n'en est pas moins très probable que, chez des ouvrières que rien ne différencie en apparence, il existerait une élite de travailleuses, et tout se passe comme si cette élite n'était pas interchangeable.

ZOOLOGIE. — *Une nouvelle race chinoise d'*Ascaris megalocephala (*type* trivalens). Note de MM. **Tchou Su** et **Chen-Chao-Hsi**, présentée par M. Charles Gravier.

En Europe, comme en Amérique, l'*Ascaris megalocephala*, que l'on trouve dans l'intestin du cheval, appartient soit au type *univalens*, avec deux chromosomes dans le diplocaryon de la cellule germinale, soit au type *bivalens*, dont le noyau non réduit renferme quatre chromosomes.

A priori, et bien qu'on ne l'eût pas spécialement étudié, l'*Ascaris* du cheval chinois devait, dans notre pensée, rentrer dans le cadre des deux races classiques.

Aussi, quand nous avons vu pour la première fois six chromosomes à l'équateur du fuseau au début du développement embryonnaire, nous songeâmes d'abord à quelque anomalie de maturation ou de fécondation : rétention du second globule polaire (Boveri), polyspermie (Sala), embryons géants (zur Strassen), non-séparation des noyaux fils à la fin de la caryocinèse (Fauré-Frémiet). M. Ju-Chi-Li avait pourtant rencontré à Peiping six chromosomes dans les cellules germes de l'*Ascaris;* mais on ne pouvait conclure (et c'est bien son avis) à une race distincte sur cette simple observation. Des recherches étendues étaient indispensables.

Une telle étude, en effet, ne saurait être limitée aux éléments sexuels. Elle doit suivre l'assortiment chromosomique dans toute la lignée germinale. Un abondant matériel est également requis; car on ne saurait se prononcer que sur un nombre suffisamment grand d'*Ascaris* fournis, non pas par le même hôte, mais par plusieurs chevaux de provenances diverses.

Nos examens ont porté sur un total de 58 vers (29 ♂ et 29 ♀), dont 32 donnés par six chevaux différents et 26 autres par un âne.

De ces longues observations, tous les résultats concordent rigoureusement.

Dans les spermatogonies comme dans les ovogonies, partout, nous constatons, chez les noyaux prophasiques ou métaphasiques, six chromosomes que l'on peut répartir en trois couples reconnaissables à leurs formes et à leurs dimensions. Dans les cytes des deux sexes, se forment normalement trois tétrades orientées en un cercle, disposition qui reparaît par la suite. Les divisions meiotiques sont régulières. Mais, sur les cinèses des spermatocytes I ou II, on peut voir un fragment de chromosome traînant

sur l'équateur à l'anaphase où à la télophase (sexe-chromosomes de Edwards). Après la seconde division maturatrice, se retrouvent chez les spermatides trois chromosomes rangés encore en cercle; et ceux-ci gardent leur individualité, car ils reparaissent avec la même disposition dans le noyau du spermatozoïde après sa pénétration dans l'œuf.

L'origine des centres de division spermatocytique est encore obscure. Tantôt nous voyons, *dans le noyau*, un granule basophile entouré d'une vacuole claire rappelant le *centrosome intranucléaire* de l'*Ascaris univalens* selon Brauer; tantôt, c'est à la surface externe de la membrane nucléaire, que se trouve un *centrosome intranucléaire* comme chez le type *univalens* d'après le même auteur.

Le développement des ovocytes confirme en tous points les observations faites dans le sexe mâle. Les ovocytes de premier ordre portent également trois tétrades et partout, après la méiose, le pronucleus femelle ne contient plus que trois chromosomes.

L'étude de l'embryogénèse est plus ardue et demande un temps considérable; mais les résultats obtenus sur les œufs de nos 29 femelles se résument très simplement.

Aux stades les plus divers, de la première division jusqu'à la gastrula, les noyaux germinaux ont toujours six chromosomes, jamais 2 ni 4. La diminution chromatique dans les lignées du soma se fait exactement comme chez les types *univalens* et *bivalens*.

En somme, nous pouvons affirmer l'existence, au nord-ouest de la Chine, d'une nouvelle race d'*Ascaris megalocephala* (*A. trivalens*); cette race est caractérisée par la présence constante de six chromosomes dans sa lignée germinale.

Sur l'origine de cette race, il est difficile d'émettre une hypothèse en un pays où les types classiques *univalens* et *bivalens* semblent absents.

ZOOLOGIE. — *La spermiogenèse aberrante des Métatermitides.*
Note de M. **Pierre P. Grassé**, présentée par M. Maurice Caullery.

En collaboration avec P. Bonneville ([1]), j'ai fait connaître les phénomènes de dégénérescence massive qui se déroulent dans le testicule du Termite du Natal (*Bellicositermes natalensis* Hav.) à partir des spermato-

([1]) *Comptes rendus*, 122, 1936, p. 1009.

cytes de premier ordre. Toutefois, le caractère le plus marquant de la spermatogenèse de cet Insecte ne réside pas dans l'abondance des anomalies, mais bien dans la formation d'un spermatozoïde très aberrant.

J'ai étudié les processus spermatogénétiques chez *Bellicositermes natalensis* et *Cubitermes fungifaber* Sjöst.

A peine la deuxième mitose réductionnelle vient-elle de s'achever, que la chromatine de la jeune spermatide se porte sous la membrane nucléaire, où elle forme un encroûtement hyperchromatique. Le noyau diminue de volume et rapidement devient une sphère à écorce fortement colorable et à contenu plutôt oxyphile. L'écorce est interrompue sur une petite surface.

Les mitochondries ne se groupent pas en un amas (*Nebenkern*), mais restent dispersées dans le cytoplasme.

L'acrosome est une petite vésicule qui prend le vert lumière et renferme un grain chromatique, le centrosome. Il vient s'appliquer contre le noyau, précisément sur la zone sans écorce chromatinienne. Puis il s'enfonce assez profondément dans le noyau, qui, à son contact, se creuse d'une dépression en cupule. Je l'ai trouvé parfois si engagé vers l'intérieur que le centrosome paraissait tout à fait intranucléaire. Dans les spermies incomplètement mûres, il n'est pas rare de voir l'acrosome se soulever en un petit cône.

Fréquemment on observe, contre le noyau, mais non au pôle opposé à l'acrosome, un granule, qui pourrait être un deuxième centrosome, le postérieur; le premier, intra-acrosomique, étant l'antérieur. Nous ne donnons pas cette interprétation pour certaine.

Ni l'un ni l'autre des grains centrosomiens n'engendre de flagelle; sur ce point aucun doute n'est possible.

Le spermatozoïde mûr est une sphérule nucléaire, sans enveloppe cytoplasmique, qui mesure de $1^{\mu},7$ à $1^{\mu},8$ de diamètre et que l'hématoxyline colore intensément en noir. Il reste longtemps dans le cytoplasme de la spermatide, qui ne change pas de forme. Le cyste rempli de spermatides se vide dans les voies déférentes et, peu à peu, les spermatozoïdes deviennent libres dans un liquide où se reconnaissent les reliquats cytoplasmiques.

La vidange des cystes se fait à des stades très différents; même ceux qui contiennent des spermatocytes de premier ordre la subissent souvent. Aussi, dans le canal déférent, à côté des spermatozoïdes, peut-on observer des spermatocytes libres effectuant leurs mitoses réductionnelles.

Comme nous doutions que les sphérules chromatiques soient réellement

les spermatozoïdes, nous avons pratiqué des coupes dans le réceptacle séminal des reines imaginales. Nous l'avons toujours trouvé bourré de sphérules, qui sont d'indubitables gamètes mâles.

La spermiogenèse des Métatermitides a donc une grande simplicité, elle est nettement accélérée, si on la compare à celle des autres Insectes, où la spermatide passe par une longue série de stades complexes, avant de devenir un spermatozoïde fonctionnel. Elle consiste essentiellement en une condensation du noyau, qui se flanque d'un acrosome muni d'un centrosome.

L'absence de tout dérivé centrosomien est très exceptionnelle dans le règne animal; elle se rencontre certainement chez les Nématodes.

Je n'affirmerai pas que le spermatozoïde mûr soit complètement dépourvu de mitochondries; mais, si je m'en tiens à l'examen de mes images, je suis en droit de le supposer.

La parenté des Blattes et des Termites est attestée par plusieurs faits : nervation de l'aile, similitude des faunes parasitaires. Toutefois, nous montrons ici que les Blattides et les Métatermitides diffèrent beaucoup par la structure de leurs spermatozoïdes, qui, chez les premiers, sont du type flagellé banal.

VENINS. — *Variations géographiques du venin du serpent à sonnettes sud-américain*, Crotalus terrificus, *Laur.* Note de M. **Jehan Vellard**, présentée par M. Maurice Caullery.

Dans une Note précédente, j'ai montré les variations considérables d'activité que présente, suivant les régions, le venin de *Bothrops atrox* L.; celle du venin de *Crotalus terrificus* Laur. sont encore plus instructives.

C. terrificus habite la plus grande partie des régions chaudes de l'Amérique méridionale et centrale, du nord de l'Argentine au sud du Mexique; il manque dans les hautes Andes et le long du Pacifique. Cette espèce est très homogène et les tentatives pour la diviser en plusieurs races sud-américaines n'ont pas donné de résultats; les exemplaires habitant au nord du canal de Panama établissent la transition avec la forme *C. terrificus durissus* de l'Amérique centrale et du sud du Mexique.

Son venin présente une coloration jaune plus ou moins intense. Les exemplaires du centre et du sud du Brésil font exception et leur venin est blanc; sur les confins de cette zone, on trouve ensemble des exemplaires à venin blanc et à venin jaune. Ces variations ne correspondent à aucun type racial défini.

Les échantillons de venin étudiés proviennent du Venezuela, du nord du Brésil (venin jaune de Bahia et Pernambuco), du sud du Brésil (venin blanc de Sao Paulo) de l'Argentine et du Paraguay. Les résultats obtenus ont été comparés avec ceux publiés à Costa Rica par Picado [1].

Les propriétés coagulantes et hémolytiques n'offrent pas de variations importantes. Ces deux actions sont bien marquées dans tous les venins étudiés; la première est un peu plus faible avec les venins jaunes du nord du Brésil et la seconde avec les venins blancs du sud de ce pays. L'action hémolytique serait cependant nulle avec le venin de Costa Rica. Les plasmas d'oiseaux et de reptiles sont très peu sensibles à ces venins, comme à ceux de tous les crotales américains.

L'action de la fraction protéasique (action sur le complément, la gélatine, les protéines du sérum) est intense dans les venins du Venezuela, plus marquée encore à Costa Rica, à peine sensible dans les venins du nord du Brésil et à peu près nulle dans les échantillons d'origine plus méridionale. L'injection de ces derniers ne provoque pas de réaction appréciable; celle de venin du Venezuela ou de Costa Rica est suivie de volumineux œdèmes.

L'action toxique présente des variations inverses de celles de l'action protéasique. Elle montre une constance remarquable et atteint son plus haut degré avec les venins méridionaux les plus toxiques des venins de *Crotalinæ* américains, reste encore élevée au Venezuela et décroît considérablement à Costa Rica.

Les caractères des principaux échantillons étudiés sont résumés dans le tableau suivant; la technique est celle indiquée dans la Note antérieure sur le venin de *B. atrox*.

Unité.	Argentine (mg).	S. Paulo (mg).	Pernambuco (mg).	Venezuela (mg).	Costa-Rica (d'après Picado).
Coagulante.......	0,0008	0,0004	0,0010	0,0008	coag.
Anti-coagulante...	nulle 2,0	nulle 2,0	traces 1,0	0,20	anti-coag.
Anti-complément.	nulle 2,0	nulle 2,0	nulle 2,0	0,06	–
Protéolytique....	traces 3,0	traces 3,0	traces 2,5	0,20	fort. prot.
Hémolytique.....	0,08	0,20	0,02	0,01	nulle
Pigeon (veine)...	0,001	0,001	0,001	0,008	$0^{mg},015$
Pigeon (muscle)..	0,002	0,002	0,002	0,03	$0^{mg},20$
Lapin (veine)....	0,25	0,25	0,25	0,25	$2^{mg},0$
Lapin (muscle)...	1,0	1,0	1,0	2,0.	–
Cobaye (muscle)..	0,03	0,03	0,03	0,05	–
Œdème et hémorragies locales	—	—	—	+	+

[1] C.T. Picado, *Serpientes venenosas de Costa Rica,* San José de Costa Rica, 1931.

Des variations aussi fortes expliquent que les auteurs brésiliens aient cru pouvoir établir, d'après le venin du *C. terrificus* de leur région, un type spécial, le type crotalique, purement neurotrope, en opposition au venin des *Bothrops*, toujours plus ou moins protéasique.

L'étude comparée d'échantillons de venin de *C. terrificus* de diverses provenances montre la question sous un aspect différent. Le venin des exemplaires les plus méridionaux représente le type extrême d'une modification graduelle du venin type des régions septentrionales, à la fois coagulant, phosphatidasique, protéasique et modérément neurotrope. Ces caractères, communs à toute la famille des *Crotalinæ*, se retrouvent dans le venin de toutes les autres espèces nord-américaines de crotales.

Le centre de dispersion de ce genre se place dans les régions sèches du nord du Mexique et du sud des États-Unis. En s'éloignant de cette zone, le venin de *C. terrificus* se transforme progressivement; son action neurotrope s'exalte et sa fraction protéasique diminue, jusqu'à réaliser le type presque uniquement neurotrope de l'Argentine et du sud du Brésil. Dans les régions intermédiaires, il offre tous les degrés de transition entre les types extrêmes.

Les variations du venin *B. atrox* sont différentes, la fraction protéasique augmentant vers le Sud et l'action toxique vers le Nord.

Ces variations géographiques ont la même valeur que celles des caractères morphologiques, indiquant la tendance des *Crotalinæ* américains à se subdiviser en nombreuses formes régionales.

PHYSIOLOGIE. — *Sucre protéidique et protéides sanguins à l'état normal et pathologique*. Note de M. **Henri Bierry**, présentée par M. Paul Portier.

Les protéides plasmatiques du sang des Mammifères renferment un groupement prosthétique hydrocarboné (sucre protéidique) constitué par un polyoloside que l'analyse révèle comme un mélange équimoléculaire de galactose, de mannose et de glucosamine (Bierry, Sörensen et Haugaard, Hewitt). La même copule glucidique se retrouve également dans le plasma humain.

La présence de sucre protéidique permet d'envisager la structure de ces protides sous un aspect particulier; son évaluation constitue un guide précieux pour orienter le fractionnement et aider à l'identification de ces pro-

tides (¹). Ainsi on peut mettre en évidence la pluralité des albumines et des globulines qui entrent dans la composition du plasma sanguin à l'état normal.

Dans divers états pathologiques (cancer, tuberculose, néphrite, etc.), F. Rathery, Levina et moi-même avons signalé, chez l'homme, la haute teneur (deux et même trois fois supérieure à la normale) en sucre protéidique du plasma sanguin, et l'élévation remarquable de ce sucre avec l'aggravation de la maladie (²). Des dosages ont montré que les quantités globales de protéines, la proportion relative de ce que l'on désigne d'ordinaire en clinique sous les noms de globulines et d'albumines, n'avaient pas d'influence sur les modifications quantitatives du sucre protéidique. Il faut donc en chercher la cause dans la nature même des protéides plasmatiques.

On peut évaluer le sucre protéide total, il est également possible d'évaluer chacun des oses constituants. Si le dosage du mannose seul (à l'état d'hydrazone) réclame une grande quantité de plasma et ne peut être réalisé que rarement, il n'en est pas de même du bloc : mannose + galactose d'une part, et de la glucosamine d'autre part. Les dosages indiquent que chez l'homme, dans plusieurs états pathologiques, les protéines plasmatiques renferment un excès de galactose-mannose par rapport à l'aminohexose. Enfin, des recherches réalisées avec une technique nouvelle, sur laquelle je ne peux insister ici, et portant sur les protéines isolées de divers plasmas humains pathologiques, montrent l'existence, dans certains plasmas, de protéides anormaux et, en particulier, de protéides générateurs des seuls mannose et galactose.

Il est intéressant de rapprocher ces faits de ceux obtenus par Mc Farlane. Ce dernier reprenant l'analyse des protides sanguins à l'aide de la méthode de Svedberg perfectionnée (dispositif spécial d'ultracentrifugation) a réussi à mettre en évidence dans le sérum humain, au cours de différentes maladies (cancer, etc.), des protéines particulières. Ces dernières, de faible poids moléculaire, viennent s'ajouter aux protéines normales.

Ainsi la méthode physique et la méthode chimique sont en accord pour confirmer la présence d'espèces *moléculaires* anormales dans le plasma sanguin de l'homme dans diverses affections.

(¹) H. Bierry, *C. R. Soc., Biol.*, **124**, 1937, p. 695.

(²) H. Bierry et F. Rathery, *Introduction à la Physiologie des Sucres*, Paris, 1935.

En conclusion, l'étude du sucre protéidique constitue une nouvelle méthode d'investigation sérique. Elle permet de montrer que les albumines et les globulines composantes du plasma normal ne constituent pas des groupes homogènes, et que dans le sang peuvent apparaître, au cours de divers états pathologiques, de nouveaux protéides riches en groupement prosthétique hydrocarboné.

Ces faits prennent toute leur importance si on les rapproche d'une conception actuelle qui envisage les protéines réduites à un seul assemblage d'acides aminés comme une sorte de dépôt, de matière de réserve de l'organisme; les protéines destinées à jouer un rôle dans les processus vitaux, renferment, par contre, un groupement prosthétique, véritable *centre d'activité*.

BIOLOGIE MATHÉMATIQUE. — *Sur une généralisation des équations biologiques dans le cas d'une population intoxiquée par les produits de son activité chimique.* Note de M. **V. A. Kostitzin**, présentée par M. Jacques Hadamard.

1. Il arrive fréquemment qu'une population incommodée dans son activité chimique, disparaisse entièrement au bout d'un temps fini, alors que la théorie sous sa forme actuelle ([1]) ne permet de s'attendre qu'à la disparition asymptotique au bout d'un temps infini. On peut émettre plusieurs hypothèses, susceptibles de rendre compte de ce phénomène. Tout d'abord les équations en question sont formulées en vue des variables continues, alors que les variables biologiques sont essentiellement discontinues.

Cette différence fondamentale est peu sensible pour les populations très denses, mais, dès que la population se raréfie, la rupture entre la théorie et l'observation saute aux yeux. D'autre part, le principe des rencontres qui régit les actions limitatives donne des termes rectangulaires ou quadratiques lorsque le nombre des rencontres est relativement petit, et des termes linéaires lorsque ce nombre est relativement grand, et les individus ayant subi les rencontres cessent, du moins provisoirement, de figurer dans les dénombrements.

2. Une autre explication plausible est une distribution spéciale de la

([1]) Voir V. Volterra et U. d'Ancona, *Les associations biologiques au point de vue mathémathique,* Paris, 1935; A. Kostitzin, *Biologie mathématique*, Paris, 1937.

population dans le milieu nutritif. Si, par exemple, une colonie occupe un petit espace à population très dense, il est certain que, dans son développement ultérieur, la surface de contact *colonie* ⇌ *milieu* jouera un rôle qui peut entièrement modifier la forme des équations biologiques. Ainsi, dans le cas de multiplication et d'activité chimique très accrues à la périphérie l'accroissement moyen intrinsèque serait proportionnel à une certaine puissance p^k de la population p avec $0 < k < 1$ et l'on serait obligé d'introduire des puissances non entières de p dans d'autres termes des équations.

3. Considérons un cas étudié par M. Vito Volterra (*loc. cit.*, p. 21-23) et par moi-même (*loc. cit.*, p. 66-72).

Il s'agit d'une population microbienne intoxiquée par ses propres produits métaboliques. Ce qui précède nous autorise à remplacer l'équation intégro-différentielle de M. Volterra par une autre plus générale

$$p' = \varepsilon p^k - h p^{k+l} - c p^k \int_0^t p^m(s)\, ds. \tag{1}$$

Introduisons une nouvelle fonction inconnue

$$\mathrm{P} = \int_0^t p^m(s)\, ds. \tag{2}$$

L'équation (1) prend la forme

$$\mathrm{P}'' = \varepsilon m \mathrm{P}'^{\frac{k+m-1}{m}} - hm \mathrm{P}'^{\frac{l+k+m-1}{m}} - cm \mathrm{P} \mathrm{P}'^{\frac{k+m-1}{m}}. \tag{3}$$

On peut montrer que pour les exposants k, l, m vérifiant la relation

$$l + k = 1 + m \tag{4}$$

l'équation (3) s'intègre. On trouve tout d'abord

$$\mathrm{P}'^{\frac{l}{m}} = p^l = f(\mathrm{P}) = \frac{\varepsilon}{h} + \frac{c}{h^2 l} - \frac{c}{h}\mathrm{P} - \mathrm{M} e^{-n\mathrm{P}}, \tag{5}$$

en posant

$$n = hl, \qquad \mathrm{M} = \frac{\varepsilon}{h} + \frac{c}{h^2 l} - p_0^l; \tag{6}$$

l'intégration de l'équation (5) donne à son tour

$$t = \int_0^{\mathrm{P}} \frac{ds}{[f(s)]^{\frac{m}{l}}}. \tag{7}$$

L'exposant $m/l = m/m + 1 - k$ est, dans notre cas, inférieur à 1, et par conséquent p et p' s'annulent au bout d'un temps fini T qu'on peut calculer en remplaçant P dans la formule (7) par la racine P_{lim} de l'équation

$$f(P_{\text{lim}}) = 0. \tag{8}$$

Dans le cas de $\varepsilon > hp_0^l$ la fonction p est d'abord croissante; elle passe ensuite par un maximum p_m correspondant à la valeur P_m du paramètre P

$$p_m^l = \frac{\varepsilon}{h} - \frac{c}{h} P_m, \qquad e^{hlP_m} = \frac{Mh^2 l}{c}, \tag{9}$$

et par un point d'inflexion défini par les relations

$$p_i^l = \frac{4kc}{h^2 l^2} sh^2 \left[\frac{n}{2}(P_i - P_m)\right], \qquad \varepsilon - hp_i^l - cP_i = -\frac{c}{hl}\left[1 - e^{-n(P_i - P_m)}\right]. \tag{10}$$

On a, de cette façon, tous les éléments pour la construction de la courbe.

4. Nous nous contentons ici du calcul approché du laps de temps $t_{\text{lim}} - t_m$ séparant l'extinction totale et le maximum. On peut donner à $f(s)$ la forme suivante

$$f(s) = \frac{c}{h^2 l} - \frac{c}{h^2 l} e^{-hl(s - P_m)} - \frac{c}{h}(s - P_m), \tag{11}$$

ou bien en remplaçant la fonction exponentielle par son expression approchée

$$f(s) \simeq \frac{cl}{2}\left[(P_{\text{lim}} - P_m)^2 - (s - P_m)^2\right]. \tag{12}$$

On trouve ainsi finalement

$$t_{\text{lim}} - t_m \simeq \sqrt{\frac{\pi}{2cl}}\, p_m^{\frac{l}{2} - m} \frac{\Gamma\left(1 - \frac{m}{l}\right)}{\Gamma\left(\frac{3}{2} - \frac{m}{l}\right)}. \tag{13}$$

La formule (13) est d'autant plus exacte que le coefficient c est plus petit.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Sur l'expression mathématique du développement d'*Aspergillus niger *en fonction de la concentration en magnésium du milieu nutritif.* Note de M. **Jean Lavollay** et Mme **Françoise Laborey**, présentée par M. Maurice Javillier.

L'un de nous a montré ([1]) que, sur un milieu nutritif, les poids P de substance végétale récoltée dépendent de la concentration x du milieu de culture en l'un des constituants nécessaires, suivant une loi s'exprimant, entre certaines valeurs de x et pour des temps de végétation égaux, par la relation $P = px^{1/q}$.

Maints travaux antérieurs sur la nutrition des champignons microscopiques se prêtent à la vérification de cette loi. Pourtant le calcul montre qu'en général la même expression ne rend pas compte des phénomènes dans toute l'échelle des valeurs de x compatibles avec un bon développement. L'un de nous a signalé ([2]) que la puissance de x semble varier brusquement et que la courbe s'exprime successivement par $P = px^{1/q}$, puis par $P = px^{1/q'}$.

Il y aurait donc une discontinuité pour certaines valeurs de la concentration.

Nous avions cru trouver une explication à cette discontinuité en notant qu'elle a son homologue pour la même valeur de x, sur la courbe traduisant l'absorption de l'élément envisagé par la matière vivante.

L'expression de Mitscherlich $P = A(1 - e^{-cx})$, où A représente la valeur optima de P, e la base des logarithmes népériens et c une constante, présente l'avantage de se déduire immédiatement du raisonnement; elle s'applique, avec une approximation suffisante, aux cultures artificielles de végétaux supérieurs, mais ne traduit pas généralement les résultats de cultures de champignons.

Or le développement de tels organismes dépend de divers facteurs : dimensions de la surface libre; concentration globale du milieu; rapport (surface libre)/(volume du liquide), etc. Il dépend notamment de la variation de la concentration de tous les constituants, concentration qui varie d'une façon continue et non égale pour chacun d'eux au cours de la croissance.

([1]) J. Lavollay, *Bull. Soc. Chim. biol.*, 18, 1936, p. 1269-1290.

([2]) J. Lavollay, *Th. Doct. Un.*, Paris, 1936, p. 231.

Nous avons cherché à déterminer l'influence de la concentration du magnésium, en éliminant les causes de variation précitées, soit en les supprimant, soit en les rendant constantes. Le dispositif expérimental devait assurer :

a. l'identité des surfaces offertes au développement;

b. la constance de composition du milieu nutritif.

La première condition est facile à réaliser; la seconde s'obtient avec l'approximation désirée en augmentant largement le volume du milieu de culture et réalisant au mieux la répartition dans la masse de toutes les substances dissoutes.

Le dispositif entièrement en verre comprend un cristallisoir contenant deux litres de liquide de Raulin; sur un trépied repose un manchon cylindrique dont la base est à 3-4^{mm} au-dessous de la surface du liquide; une hélice mue par un agitateur mécanique assure l'homogénéité du milieu.

Les spores sont largement ensemencées à l'intérieur du manchon, tandis qu'une couche de 4^{mm} d'huile de vaseline recouvre la couronne superficielle extérieure.

Une batterie de huit cristallisoirs semblables est placée dans un bain d'eau à l'étuve à 34° ([3]).

Résultats. — 1° *La masse de matière récoltée en un temps donné* (48 ou 62 heures) *est fonction de la concentration du magnésium dans le milieu et non pas de la valeur absolue de la quantité présente*. Le mycélium ne se développe que peu si la concentration de magnésium est faible, bien que la quantité de magnésium offerte soit suffisante pour assurer — tous les autres éléments utiles étant présents — le développement d'une masse considérable de champignon.

2° *La masse de matière récoltée dépend de la concentration en magnésium suivant la loi* $P = A(1 - e^{-cx})$, *avec des écarts expérimentaux se plaçant autour de* 4 *pour* 100 *et n'atteignant que rarement* 10 *pour* 100.

3° La récolte, nulle en l'absence de magnésium ([4]), passe à 50 pour 100 du maximum avec 0^{mg},105 de magnésium pour 100$^{cm^3}$ et atteint pratiquement ce maximum vers 1^{mg},05 pour 100$^{cm^3}$, le milieu ayant par ailleurs la composition du liquide de Raulin.

([3]) Ces expériences feront prochainement l'objet d'un mémoire détaillé.

([4]) Confirmation de différents travaux, en particulier de M. Javillier et E. Canals.

PROTISTOLOGIE. — *Sur l'organisation et les trichocytes de* Gonyostomum semen *(Ehr.) Diesing*. Note de M. **Marius Chadefaud**, présentée par M. Alexandre Guilliermond.

Des individus de *Gonyostomum semen*, récoltés par M. Lefèvre, en avril 1937, dans une mare de la forêt de Fontainebleau, ont été examinés alors qu'ils étaient encore en excellent état. Leur morphologie externe était conforme à ce qu'ont décrit F. Drouet et A. Cohen [1] : forme lancéolée, dos convexe, ventre aplati avec sillon longitudinal, fouet antérieur tendu et rigide pendant la natation, son extrémité seule tourbillonnant, fouet postérieur ondulant eomme le fouet transversal de Péridiniens. Leur étude a conduit aux résultats suivants :

A. La cellule constituant cet organisme se compose des cinq strates suivantes : 1° la curticule; 2° une très mince lame de cytoplasme sous-cuticulaire hyalin et granuleux; 3° la strate plastidiophore, entièrement remplie par les chloroplastes, qui sont discoïdes, lenticulaires et disposés en une seule couche; 4° la strate lipidophore, épaisse et chargée de petits globules oléagineux, qui peuvent se rassembler en mottes de forme irrégulière; 5° le cylindre axial occupé, dans la région antérieure, par la fosse vestibulaire (réservoir et son goulot) et l'appareil excréteur (vésicules pulsatiles très semblables à celles des Euglènes du groupe *viridis*), et vers le milieu du corps par le noyau, qui est granuleux.

B. Cette cellule est pouvue de deux sortes de trichocystes, les uns et les autres colorables vitalement en violet pourpré par le bleu de crésyle dilué et susceptibles d'être expulsés du corps à la suite de cette coloration :

a. Des petits trichocystes granuleux, d'organisation rudimentaire, strictement localisés dans la strate cytoplasmique sous-cuticulaire. Une fois colorés et expulsés du corps, ils peuvent devenir vésiculeux et émettre un filament (*fig*. A). On peut les homologuer aux petits trichocystes sous-cuticulaires, également granuleux, des Cryptomanadines.

b. Des trichocystes fusiformes, plus grands et plus complexes que les précédents. Comme je l'avais déjà observé en 1934 [2], ils prennent naissance dans le cylindre axial autour du noyau, où on en voit à tous les stades de développement, tous colorables au bleu de crésyle (*fig*. B). De

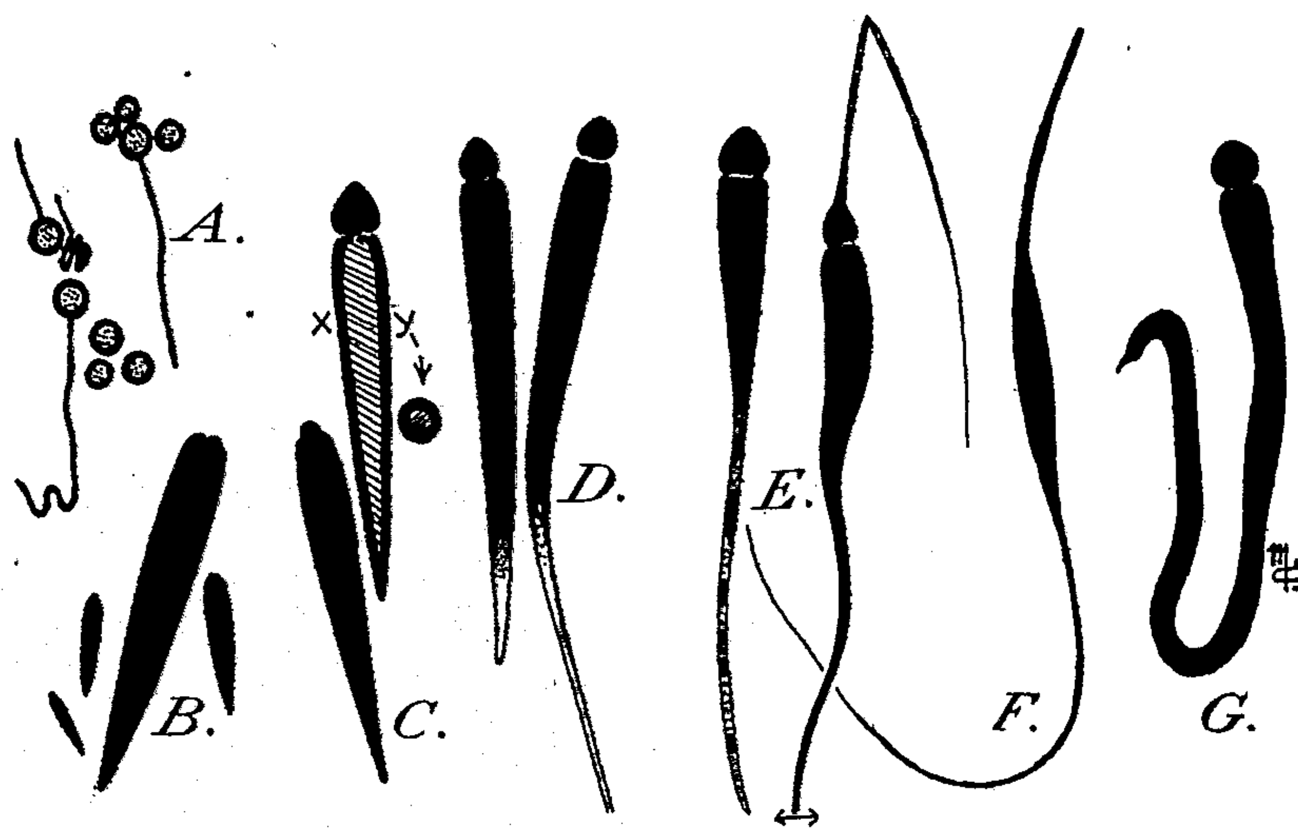
---

(1) *Biological Bull.*, 68, 1935, p. 422-439.

(2) *Bull. Société botanique de France*, 81, 1934, p. 106-110.

là, ils gagnent la périphérie pour aller prendre position sous la cuticule. La plupart, au cours de cette migration, restent enfermés dans le cylindre axial, de sorte qu'ils prennent position aux extrémités du corps cellulaire. Ces trichocystes fusiformes sont sans doute assimilables aux gros trichocystes péripharyngiens des Cryptomonadines, et liés, comme ces derniers, au voisinage du centre cinétique de la cellule.

C. Les trichocystes fusiformes se composent d'une tête globuleuse ou ogivale, et d'un corps allongé en forme de cigare. En place dans la cellule, la tête est invaginée dans le gros bout du corps (*fig.* B); après coloration et



A à *G* : les trichocystes de *Gonyostomum semen*.

expulsion, elle sort et grossit (*fig.* C). On reconnaît alors que le corps se compose d'un cortex, colorable par le bleu de crésyle, et d'un axe non colorable (*fig.* C, coupe optique *xy*). Ensuite, cet axe se dévagine au petit bout du corps, de façon à former à cette extrémité un long filament, d'abord non colorable (*fig.* D). Puis la substance colorable du cortex envahit ce filament, soit en masse, soit sous forme de grains séparés (*fig.* E). Enfin, la tête se détend à son tour (*fig.* E), et le trichocyste se transforme finalement en un long filament aminci à ses deux extrémités et renflé en fuseau en son milieu (*fig.* F). Une déviation de ces mécanismes conduit d'autre part à l'aspect représenté par la figure G : le corps du trichocyste s'est transformé en un filament renflé sur toute sa longueur. Cet aspect suggère qu'il y a gonflement du contenu mucilagineux des trichocystes, et que ce

gonflement est la cause de leur détente, mais, dans aucun cas, je n'ai constaté que le contenu soit éjaculé. En résumé, les trichocystes fusiformes du Gonyostome semblent se détendre par dévagination de leur axe, ce qui rappelle les nématocystes typiques des Cœlentérés; ils se comportent à peu près comme ceux du Cilié *Prorodon teres*, que F. Krüger (³) qualifie de *nesselkäpselähnlich*.

HYGIÈNE ALIMENTAIRE. — *De l'influence de la pasteurisation à l'abri de l'air sur la valeur nutritive du lait.* Note (¹) de MM. **Henri Simonnet, Gustave Guittonneau, Germain Mocquot** et **André Eyrard**, présentée par M. Emmanuel Leclainche.

La pasteurisation industrielle des laits de consommation courante, rendue obligatoire par la loi du 2 juillet 1935, n'a pas obtenu à l'heure actuelle, en France, toute l'attention qu'elle nous paraît mériter.

Pour faciliter son étude, l'un de nous a organisé, en annexe du Laboratoire national des Industries Laitières, un centre d'études qui fonctionne depuis un an à Auxerre, près d'un chantier coopératif de pasteurisation.

Les recherches du centre d'Auxerre rapportées dans cette Note ont été conduites en liaison avec le Laboratoire d'Hygiène de l'École nationale Vétérinaire d'Alfort. Leur objet propre était d'apporter des précisions sur la question suivante : une pasteurisation industrielle, énergique mais conduite à l'abri de l'air, est-elle compatible avec la conservation des qualités nutritives essentielles du lait?

Les pasteurisations d'essais ont porté sur des laits de grand ramassage du département de l'Yonne. Elles s'effectuaient dans un appareil tubulaire, où le lait circulait en couche annulaire chauffée d'un seul côté, sous une épaisseur d'environ 5^{mm}, et de telle manière qu'il était porté, en 36 secondes, soit à 80°, soit à 90°. L'efficacité bactériologique de ces chauffages a été soigneusement vérifiée pour ce qui a trait notamment aux germes banaux, aux bacilles tuberculeux et aux *Brucella*.

La valeur nutritive du lait a été étudiée sous une double incidence : 1° en ce qui concerne les vitamines, par les méthodes classiques de dosage de ces substances; 2° en ce qui concerne la valeur nutritive globale, par

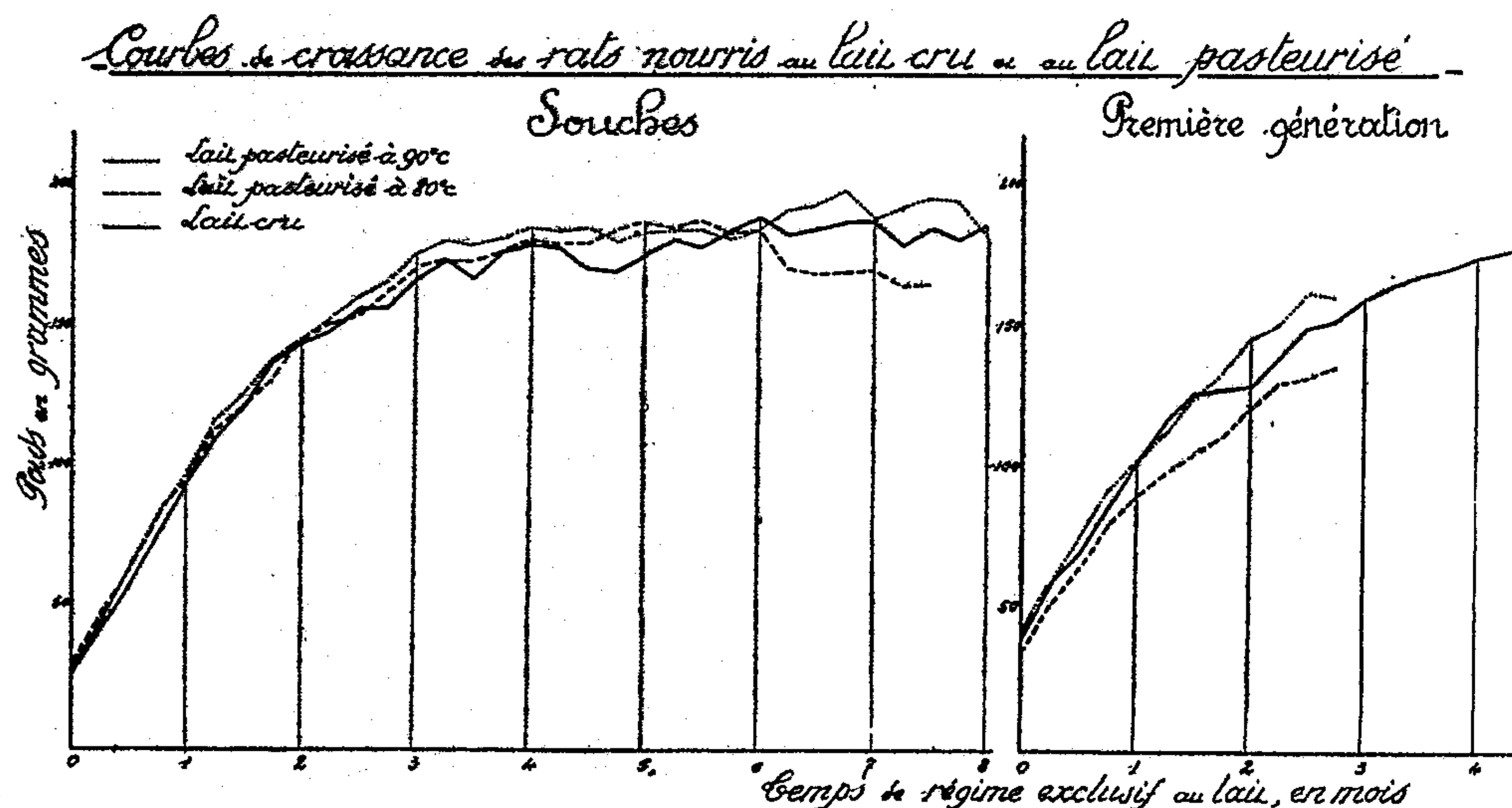
(³) *Arch. f. Protistenk.*, 83, 1934, p. 184.

(¹) Séance du 24 mai 1937.

l'épreuve de l'alimentation exclusive au lait. Nous nous en tiendrons ici aux résultats de la seconde série de recherches.

Conditions de l'expérience. — 35 couples de Rats ont été divisés en trois groupes : le premier a reçu du lait cru ; le second du lait pasteurisé à 80° ; le troisième du lait pasteurisé à 90°. Tous ces animaux ont été nourris exclusivement au lait depuis le 10 septembre 1936. Ils ont reçu une litière composée de sciure de bois, de paille et de papier filtre. Les portées données par ces animaux ont été à leur tour élevées dans ces mêmes conditions au régime exclusif du lait ; les derniers sujets ont actuellement atteint l'âge adulte et viennent à leur tour de donner des petits.

Résultats. — Les graphiques ci-après représentent les courbes moyennes du développement pondéral des animaux mis en expérience, animaux souche et première génération.



Le tableau ci-dessous résume les données permettant de comparer les trois régimes au point de vue de la conservation des facultés de reproduction :

	Souches.			Première génération.		
	Lait cru.	Lait pasteurisé 80° C.	Lait pasteurisé 90° C.	Lait cru.	Lait pasteurisé 80° C.	Lait pasteurisé 90° C.
Animaux soumis au régime	23	27	23	39	19	37
Animaux morts en cours d'expérience	2	5	1	4	1	2
Cohabitations	21	14	21	12	0	7
Mises-bas correspondantes	17	7	10	8	–	2
Cohabitations fécondes pour 100	80	50	47,6	66	–	28,6

Interprétation des résultats et conclusion. — Dans les conditions expérimentales où nous nous sommes placés, il n'est évidemment pas tenu compte du devenir de la vitamine antiscorbutique, à la carence de laquelle le Rat n'est pas sensible. Signalons toutefois dès maintenant que des recherches faites par la méthode biologique ou par le dosage chimique de la vitamine C (Méthode de Tillmans) ne montrent pas de différences appréciables dans la teneur en vitamine antiscorbutique du lait pasteurisé à 80° ou à 90°; les taux varient entre $1^{mg},5$ et 2^{mg}, sensiblement plus bas que celui du lait au moment de la traite : $2^{mg},0$ à $2^{mg},5$, mais peu différents de celui du lait lors de son arrivée au lieu de pasteurisation. Il reste évidemment à préciser les causes de l'appauvrissement en acide ascorbique, depuis la traite jusqu'au moment de la consommation, pour déterminer la part qui revient à la pasteurisation dans ce phénomène.

En ce qui concerne les autres vitamines et la valeur nutritive globale du lait, l'examen des graphiques montre que le développement pondéral et l'entretien des animaux soumis au régime exclusif du lait sont comparables, qu'il s'agisse de lait cru ou de l'un des laits pasteurisés. En ce qui concerne les facultés de reproduction, on constate une légère réduction dans le cas des laits pasteurisés par rapport au lait cru.

De l'ensemble des résultats rapportés dans cette Note, on peut conclure que la pasteurisation à l'abri de l'air n'est nullement incompatible avec la conservation des qualités nutritives essentielles du lait.

A 16^h l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à $16^h 40^m$.

E. P.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 7 JUIN 1937.

PRÉSIDENCE DE M. EMMANUEL LECLAINCHE.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Président** souhaite la bienvenue à M. **Wen-hao Wong**, Directeur du Service Géologique de Chine, Secrétaire du Conseil National de Recherches, Membre Correspondant de l'Academia Sinica et à M. **Simion Stoïlow**, Professeur de l'Université de Cernauti, Roumanie.

TOXINES. — *Pouvoir antitoxique du glutathion sur les toxines diphtérique et tétanique*. Note de M. **Hyacinthe Vincent**.

L'action neutralisante du glutathion à l'égard des venins a fait l'objet de recherches très intéressantes par MM. Léon Binet, G. Weller et Ch. Jaulmes, et j'ai étudié moi-même, en 1936, les propriétés du glutathion réduit sur la toxine diphtérique et sur la toxine tétanique.

La technique employée est semblable à celle que j'ai fait connaître dans mes nombreuses publications antérieures sur les cryptotoxines : addition de proportions croissantes de toxine (5 d. m. m. à 500 d. m. m.) à la solution de glutathion ($0^g,05$ à $0^g,10$, en moyenne); le mélange, ramené au volume total de 2^{cm^3} et au $pH = 7,2$-$7,4$, mis en tubes scellés, était porté à la température de 38°-39° pendant 2 à 4 jours, puis injecté au cobaye.

Les injections de la toxine diphtérique ainsi traitée ont montré que, le plus généralement, les doses de celle-ci supérieures à 10 d. m. ont déterminé la mort des cobayes de 260^g à 310^g en 3 à 9 jours. Au-dessous de cette proportion, la toxine a été le plus souvent neutralisée.

Dix cobayes du poids ci-dessus, ayant reçu 5 d. m. à 10 d. m. de toxine diphtérique traitée par $0^g,10$ de glutathion ont donné 7 survies et 3 morts.

Les animaux ayant survécu, après une période d'amaigrissement, ont presque tous récupéré leur poids. Tous ont présenté une escarre locale.

Les trois cobayes du même groupe qui sont morts avaient reçu 10 d. m. de toxine pour deux d'entre eux et 5 d. m. pour le troisième. Leur mort est survenue entre le 5e et le 10e jour.

Ainsi qu'il a été dit, un deuxième groupe de 11 cobayes inoculés avec 20 d. m., 50 d. m., 100 d. m., etc. de toxine diphtérique soumise à l'action du glutathion, a donné 10 morts. Un seul cobaye a survécu (50 d. m.) avec production d'une escarre volumineuse et amaigrissement prolongé.

Quatre cobayes, d'un poids plus élevé que les précédents (savoir 420^{g} à 440^{g}), à qui il a été injecté entre 50 et 200 d. m. de toxine diphtérique traitée par le glutathion ($0^{g},10$), ont eu 3 morts; le quatrième a survécu pendant cinq semaines, ayant reçu 100 d. m.

Ainsi qu'on le voit, le glutathion réduit, en milieu neutre, est capable de neutraliser la toxicité de 5 à 10 doses mortelles (pour le cobaye) de toxine diphtérique. La production constante d'une escarre témoigne cependant que la neutralisation n'est pas absolue.

Je ferai bientôt connaître si les animaux ayant survécu ont acquis un certain degré d'immunité, en d'autres termes si le glutathion est un corps *cryptotoxique*, au sens que j'ai donné à ce mot.

Des essais semblables ont été faits, à la même date, avec la toxine tétanique. Aucun des animaux ayant reçu de 10 à 50 d. m. de toxine n'a survécu [1].

En résumé, le glutathion présente un pouvoir antitoxique faible, mais réel, à l'égard de la toxine diphtérique. Cette propriété mérite d'être notée parce qu'elle appartient à un tripeptide existant dans la plupart des tissus normaux.

---

[1] Dans une Note très intéressante (ci-après, p. 176) MM. Léon Binet, Charles Jaulmes et Georges Weller signalent que le glutathion réduit inhibe, en mélange alcalin, une dose mortelle de toxine tétanique. Mes recherches ne contredisent nullement ce résultat, ayant été faites avec un minimum de 10 d. m. de la même toxine et une proportion moindre de glutathion.

OPTIQUE PHYSIOLOGIQUE. — *Sur l'étude expérimentale des signaux colorés destinés à la navigation.* Note de M. **André Blondel.**

Les spécialistes de la colorimétrie ont préconisé, depuis quelques années, l'emploi du triangle des couleurs pour le calcul du facteur de transmission et de la teinte dominante des verres colorés destinés à la signalisation maritime. Mais cette méthode repose à la fois sur des hypothèses mathématiques en partie arbitraires, et sur des courbes de sensibilité relevées dans des champs rétiniens de 2° ou 3° qui contiennent des bâtonnets. Au contraire, dans la vision directe des signaux ponctuels éloignés, il n'intervient que la partie centrale de la fovéa (1°-1°,5), dans laquelle il n'y a que des cônes; cette plage elle-même n'a pas des propriétés homogènes, la sensibilité lumineuse et la sensibilité chromatique des différentes couleurs varie de la périphérie au centre suivant des lois différentes. Pour éviter des erreurs, la seule méthode rationnelle pour l'étude des signaux colorés ponctuels, tels qu'ils se présentent à la vue d'un navigateur, est donc d'étudier directement en laboratoire obscur les impressions produites sur l'œil adapté par des points lumineux colorés par les verres à étudier.

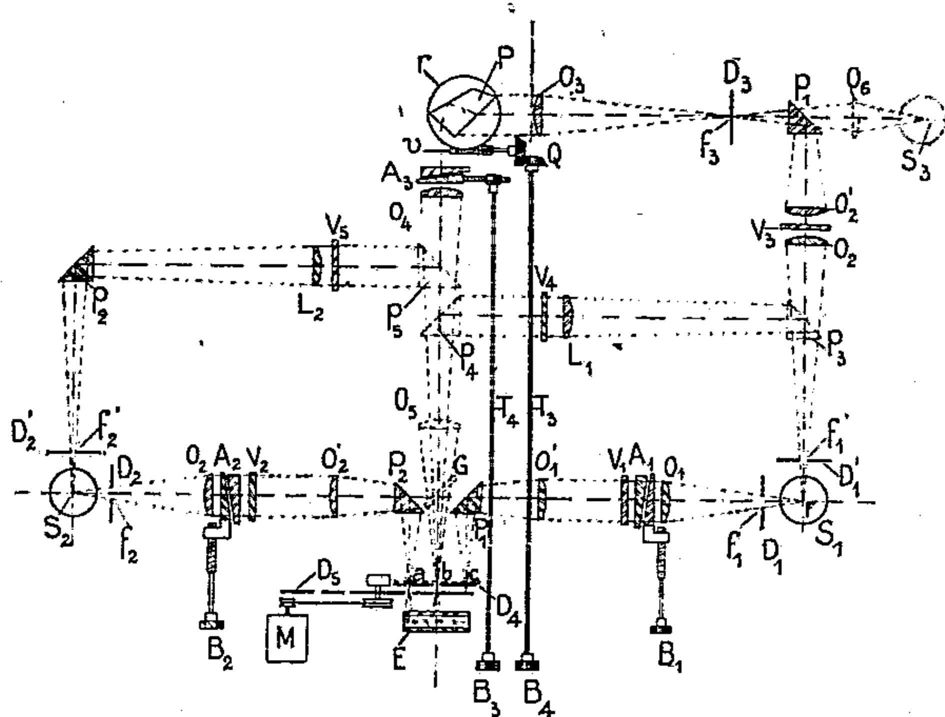
Dans un précédent travail ([1]) ont été indiqués les résultats obtenus au moyen d'un appareil rudimentaire permettant de comparer, soit simultanément, soit alternativement, en laboratoire, deux points lumineux très voisins, et éclairés par deux sources lumineuses, mobiles sur des règles graduées. Les expériences ont montré qu'il fallait démasquer des points lumineux pendant une durée assez courte (au plus 1 seconde) pour éviter la fatigue et ne pas laisser à l'œil le temps d'amener l'image rétinienne au bord de la fovéa, où la sensibilité est beaucoup plus grande et où le rapport des couleurs n'est pas le même qu'au centre ([2]). La définition d'un verre coloré a été ramenée à la mesure du coefficient de transmission par comparaison directe des impressions produites par un même point lumineux, avec ou sans interposition du verre, en égalisant les impressions perçues au voisinage de la limite de la portée, puis en déterminant le rapport photochromatique du verre coloré, c'est-à-dire le rapport dans lequel il faut

([1]) André Blondel, *Signaux colorés des Phares Maritimes* (*Revue générale de l'Électricité*, **4**, 8 juillet 1933, p. 3).

([2]) C'est ce mouvement instinctif de l'œil qui provoque l'effet dit d'équation personnelle, constaté par les astronomes, dans la comparaison de deux étoiles voisines.

augmenter l'éclairement du point lumineux pour en percevoir nettement la coloration. Depuis cette époque, j'ai apporté différents perfectionnements aux méthodes opératoires et réalisé un appareil dit *pharomètre* permettant en plus de définir la longueur d'onde dominante, éventuellement le coefficient de pureté, et, enfin, les modifications des propriétés apparentes d'un verre coloré par l'effet d'un brouillard artificiel. La figure représente le schéma de l'appareil et permet d'en comprendre le fonctionnement.

Les points lumineux sont produits par trois petits trous a, b, c, ménagés dans un diaphragme plaqué de verre dépoli et démasqués alternativement par un disque tournant « D » muni de trois secteurs évidés, dont on peut



Vue schématique et plan du pharomètre; le moteur M est placé à un étage inférieur et est muni d'un réducteur de vitesse non figuré.

fermer à volonté les uns ou les autres, suivant les points lumineux que l'on veut comparer. Les points lumineux extrêmes a, c sont éclairés respectivement par le filament rectiligne vertical d'une lampe à incandescence étalon S_1 (à température de couleur d'environ 2350°) et par une source à comparer S_2 (lampe à pétrole ou à incandescence par le gaz ou le pétrole, etc.) dont on limite la surface utilisée par une fente f_2. Les rayons de chaque source traversant un verre dépoli sont renvoyés par une paire de lentille O, O, entre lesquelles passent des rayons parallèles traversant les verres colorés à comparer et des affaiblisseurs à coin neutre A_1, A_2 commandés par des boutons B. Chacune des deux sources peut, d'autre part, éclairer à volonté le trou central par des rayons dérivés (à travers

des lentilles L_1 et L_2 respectivement) par deux systèmes de prismes amovibles p_3, p_4 ou p_2, p_5 que l'on peut ajouter à cet effet, ainsi qu'une lentille amovible O_5. Les images diffuses agrandies des sources S_1, S_2 sont projetées sur le verre dépoli placé contre les trous (et tracé en pointillé).

On peut ainsi mesurer le facteur d'absorption d'un verre coloré pour une source donnée en comparant les éclairements du point lumineux central et du point lumineux latéral respectif, au moyen des affaiblisseurs correspondants. On peut aussi comparer les absorptions d'un même type de verre appliqué à deux sources différentes. En outre, l'appareil permet de comparer les effets des mêmes verres colorés sur les faisceaux en cas de brume, en interposant en avant des trous *a*, *b*, *c*, une cuve à eau de savon titrée E, jouant (faute de mieux) le rôle de brouillard artificiel; les teintes virent à l'orangé plus ou moins rougeâtre suivant le dosage en savon.

Dans chaque essai sur un verre associé à une source choisie, on détermine la longueur d'onde de la teinte dominante au moyen d'un spectromètre à prisme à réflexion de Broca-Pellin P, préalablement étalonné ([3]); la fente f_3 du collimateur est éclairée par des rayons provenant du filament F; le spectre projeté sur le verre dépoli par l'objectif O' peut être affaibli par l'affaiblisseur A_3. La rotation du prisme est produite par une vis actionnée par B_4.

On peut aussi déterminer la pureté de la coloration d'un verre V_2 éclairé par la source S_2 en enlevant P', et en comparant l'éclairement du point lumineux *a* avec celui *b* éclairé à la fois par le spectroscope et par une glace sans tain G (légèrement platinée pour augmenter son pouvoir réflecteur) réfléchissant un faisceau venant de la source S_1 et réglable par l'affaiblisseur A; on peut ainsi déterminer la quantité de lumière blanche ajoutée à la lumière spectrale ([4]).

Mais le rapport photochromatique est, en définitive, ce qui intéresse le navigateur, qui a besoin de savoir jusqu'à quelle distance il doit se rap-

---

([3]) Par comparaison avec un spectromètre étalon, ou en projetant différentes sources S_3 sur la fente f_3 par une lentille O_6.

([4]) Théoriquement, on devrait ajouter une lumière blanche-étalon en remplaçant le prisme P_1 par une cuve absorbante définie par la C. I. E., qui relève la température de couleurs de 2350 à 5500° K; mais on peut tout simplement utiliser la lumière à 2350°, en se reportant au triangle des couleurs sur lequel on tracera les lignes joignant au point représentant la radiation spectrale, les points qui représentent la source lumineuse à 2350°; on peut en déduire la saturation.

procher d'un phare, à partir de la limite de la portée, pour reconnaître la teinte du signal ([5]).

L'appareil décrit ci-dessus a fait l'objet d'une série de mesures au Laboratoire du Service des Phares ([6]) et les résultats obtenus seront publiés dans un autre Recueil.

M. **Marin Molliard** fait hommage à l'Académie du *Volume publié à la mémoire de* Julien Costantin, 1857-1936.

MM. **Léon Guillet** et **Georges Claude** font hommage à l'Académie de 7 volumes qui viennent de paraître dans la Collection *La France vivante*. L'un de ces ouvrages, intitulé *La Métallurgie et les Mines*, est l'œuvre de M. Léon Guillet; M. Georges Claude a écrit la préface de celui de MM. A. Jacobson et A. Antoni qui est intitulé : *Des Anticipations de Jules Verne aux Réalisations d'aujourd'hui;* les cinq autres portent les titres suivants : *La Marine française*, par M. Marc Benoist; *L'Aviation militaire française*, par M. Pierre Barjot; *L'Aviation civile française*, par M. Jean Romeyer; *Le Rail, la Route, et l'Eau*, par M. Jules Antonini; L'*Armée française*, anonyme.

M. **Maurice Nicloux** dépose sur le bureau de l'Académie le volume XIII (1936) du *Recueil des Travaux de l'Institut de Chimie biologique de la Faculté de Médecine de Strasbourg* qu'il dirige.

([5]) L'intérêt du rapport photochromatique a été signalé d'abord par Charpentier dans son Livre *La lumière et les couleurs,* puis par A. Broca et Polak au point de vue de la signalisation maritime.

([6]) A la demande de M. de Rouville, Directeur de ce Service.

NOMINATIONS.

M. **Maurice d'Ocagne** est désigné pour représenter l'Académie à la Séance solennelle de l'*Académie Arménienne*, à Sèvres, le 20 juin 1937

ÉLECTIONS.

M. **François Lesbre** est élu Correspondant pour la Section d'Économie rurale en remplacement de M. *E. Perroncito* décédé, par 26 suffrages contre 7 à M. *André Paillot*, 7 à M. *Émile Terroine*, 2 à M. *Philibert Guinier* et 1 à M. *Jean Feytaud*.

CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° A. Thooris. *La Médecine morphologique* (présenté par M. E. Leclainche).

2° Pasteur Vallery-Radot, G. Mauric et Mme Holtzer (ex-Hugo). *L'Anaphylaxie expérimentale et humaine* (présenté par M. F. Mesnil).

CALCUL DES PROBABILITÉS. — *Sur deux Notes de MM. Kryloff et Bogoliouboff.* Note de MM. **Wolfgang Dœblin** et **Robert Fortet**, présentée par M. Émile Borel.

Nous reprenons le problème de probabilités en chaîne défini et étudié par MM. Kryloff et Bogoliouboff dans deux Notes récentes (1), et nous

(1) *Comptes rendus*, 204, 1937, p. 1386, et 204, 1937, p. 1454.

conservons leur notations et leurs hypothèses; en particulier, nous supposons qu'il existe un opérateur complètement continu V et un entier positif K tels que $\|T^k - V\| < 1$.

Le but de cette Note est d'étendre à ce cas des résultats déjà connus sous d'autres hypothèses. Nous soulignerons ceux de ces résultats qui n'ont pas été signalés par MM. Kryloff et Bogoliouboff.

Dans le langage d'une Note récente [2], l'hypothèse $\|T^k - V\| < 1$ revient à dire que le rayon polaire de l'opérateur T est supérieur à 1. La résolvante T_λ de T possède donc un nombre fini de pôles de rang fini de module 1; en adaptant convenablement une méthode due à M. Fréchet [3], nous avons pu démontrer que *ces pôles sont des racines de l'unité.* Il en résulte que les probabilités $P^n(x, \mathfrak{U})$ peuvent être mises sous la forme

$$(1) \qquad P^n(x, \mathfrak{U}) = \sum_i \left(\frac{1}{\lambda_i}\right)^n \left[\sum_j \varphi_j^{(i)}(x) \int_\Omega P(y, \mathfrak{U})\, dm_j^{(i)}\right] + R^n(x, \mathfrak{U}),$$

où $R^n(x, \mathfrak{U})$ tend vers o exponentiellement avec $1/n$, et uniformément lorsque x et $\mathfrak{U}$ varient,

$$\frac{1}{\lambda_i}\left[\sum_j \varphi_j^{(i)}(x) \int_\Omega f(x)\, dm_j^{(i)}\right] = g(x)$$

représente l'opérateur principal de T relatif au pole λ_i; les λ_i sont tous de module 1 et racines de l'unité.

Partant de là, on montre l'existence d'un nombre fini h d'ensembles G_1, $G_2, \ldots, G_h$, que nous appellerons les ensembles finaux : ensembles disjoints, appartenant au système (F) [4] de sous-ensembles de Ω, et jouissant des propriétés suivantes :

a. si $x \in G_\alpha$, $P^n(x, \Omega - G_\alpha) = 0$;

b. quel que soit x, $P^n(x, \Sigma G_\alpha)$ *tend vers* 1 *exponentiellement;*

c. on peut décomposer chaque G_α *en un nombre fini,* $d(\alpha)$, *de sous-ensembles disjoints, que nous appelons sous-ensembles cycliques, que nous désignons par* $1(\alpha), 2(\alpha), \ldots, d(\alpha)$, *et tels que si* $x \in l(d)$, $P[x, (l+1)(\alpha)] = 1$ [*si* $l = d$, *il faut remplacer* $(l+1)(\alpha)$ *par* $1(\alpha)$].

On en déduit que, à l'intérieur d'un ensemble final G_α, $P^n(x, \mathfrak{U})$

---

(2) *Comptes rendus*, 104, 1937, p. 1543.

(3) *Bulletin des Sciences Mathématiques,* 62, 1934, p. 71.

(4) *Comptes rendus*, 204, 1937, p. 1386, note (2).

converge, en moyenne de Cesaro, vers une limite $\Pi_\alpha(\mathfrak{A})$. Appelons $Pr(x, G_\alpha)$ la limite, qui existe, de $P^n(x, G_\alpha)$, alors, x et $\mathfrak{A}$ étant quelconques, $\Pi(x, \mathfrak{A})$ désignant $\lim_{n\to\infty} P(x, \mathfrak{A}) + P^2(x, \mathfrak{A}) + \ldots + P^n(x, \mathfrak{A})/n$, on a

$$\Pi(x, \mathfrak{A}) = \Sigma Pr(x, G_\alpha)\,\Pi_\alpha(\mathfrak{A}).$$

Il en résulte que les mesures invariantes m sont nécessairement de la forme

$$m(\mathfrak{A}) = \sum_\alpha Pr(G_\alpha)\,\Pi_\alpha(\mathfrak{A}),$$

où les $Pr(G_\alpha)$ sont $\geqq 0$ et tels que $\sum_\alpha Pr(G_\alpha) = 1$. C'est le résultat que MM. Kryloff et Bogoliouboff résument en disant que le corps des mesures invariantes est convexe, a un nombre fini de dimensions, et est un simplex.

En prenant pour mesure d'un ensemble $\mathfrak{A}$ *la quantité* $\sum_\alpha \Pi_\alpha(\mathfrak{A})$, *on étend au problème actuel les résultats obtenus par l'un de nous sous d'autres hypothèses* (5).

GÉOMÉTRIE DIFFÉRENTIELLE. — *Sur une classe de surfaces de l'espace affine.* Note de M. **W. Slebodzinski**, présentée par M. Élie Cartan.

J'adopte dans cette Note les notations de ma Note précédente (1). D'après le théorème énoncé dans celle-ci, toute variété A_2 à connexion symétrique peut être représentée, et d'une infinité de manières, par une surface de l'espace E_3. Nous donnerons ici une classification de ces surfaces. Désignons par u^1, u^2 les coordonnées gaussiennes du point de la surface, par Γ^h_{ij} les coefficients du transport parallèle dans la connexion induite sur celle-ci et posons encore

$$\Omega = R_{ij}\,du^i\,du^j,$$

R_{ij} étant les composantes du tenseur contracté de courbure. Nous partageons les surfaces dont il est question en deux classes.

A. Considérons d'abord les surfaces dont les asymptotiques sont réelles

(5) *Rendiconti della R. Accademia Nazionale dei Lincei*, 1937, série 6a, 25, p. 172, 173, et § 3, p. 174.

(1) *Comptes rendus*, 204, 1937, p. 1536.

et supposons que u^1 et u^2 soient les paramètres des asymptotiques. Quelle que soit cette surface, les coefficients Γ^h_{ij} peuvent être exprimés, quoique d'une façon différente dans les divers cas, par une seule fonction Θ de deux variables u^1 et u^2 et l'on aura trois cas à distinguer :

1° Dans le premier cas la fonction Θ satisfait à l'une ou à l'autre de deux équations

$$\frac{\partial^2\Theta}{\partial u^1 \partial u^2} + \sinh\Theta = 0, \qquad \frac{\partial^2\Theta}{\partial u^1 \partial u^2} + \cosh\Theta = 0,$$

et l'on aura respectivement

$$\Omega = \varepsilon(du^1)^2 - 2\cosh\Theta\, du^1 du^2 + \varepsilon(du^2)^2 \qquad (\varepsilon = \pm 1)$$

ou

$$\Omega = (du^1)^2 - 2\sinh\Theta\, du^1 du^2 - (du^2)^2.$$

2° La fonction Θ est une intégrale de l'équation

$$\frac{\partial^2\Theta}{\partial u^1 \partial u^2} = \sin\Theta.$$

La forme Ω devient maintenant

$$\Omega = \varepsilon(du^1)^2 + 2\cos\Theta\, du^1 du^2 + \varepsilon(du^2)^2 \qquad (\varepsilon = \pm 1);$$

si l'on y pose $\varepsilon = +1$, on obtient l'élément linéaire d'une surface à courbure -1 de l'espace ordinaire; on sait d'ailleurs que, dans ce cas, les normales affines de la surface se confondent avec les normales ordinaires.

3° Dans le dernier cas la fonction Θ est une des intégrales de l'équation de Liouville

$$\frac{\partial^2\Theta}{\partial u^1 du^2} = k\Theta,$$

k étant une constante. On aura ici

$$\Omega = \eta(du^1)^2 + 2k\Theta\, du^1 du^2 \qquad (\eta = 0, \pm 1);$$

si $\eta = +1$, on a des surfaces réglées à courbure affine constante et égale à k^2; si en particulier $k = 0$, leurs génératrices rectilignes sont parallèles à un plan fixe ([2]). Si $\eta = 0$, les surfaces correspondantes sont des hyperboloïdes à une nappe.

B. Envisageons maintenant les surfaces dont les asymptotiques sont imaginaires. Sans sortir du domaine réel on peut supposer que u^1 et u^2 sont

([2]) W. Blaschke, *Vorlesungen über Differentialgeometrie*, 2, 1923, p. 166 et 221.

les paramètres des lignes de courbure affines. Ici encore on doit distinguer trois cas :

1° On obtient les surfaces de la première catégorie en prenant pour Θ une intégrale de l'équation

$$\Delta_2\Theta + \varepsilon \sinh\Theta \cosh\Theta = 0 \qquad (\varepsilon = \pm 1),$$

Ω étant donné par la formule

$$\Omega = \varepsilon[\cos h^2\Theta (du^1)^2 + \sin h^2\Theta (du^2)^2].$$

Dans le cas, où l'on a $\varepsilon = +1$, on obtient ainsi l'élément linéaire de la surface à courbure $+1$ de l'espace ordinaire.

2° Dans le deuxième cas Θ doit satisfaire à l'équation

$$\frac{\partial^2\Theta}{\partial u^1\,\partial u^2} = \Theta;$$

on aura maintenant

$$\Omega = (du^1)^2 + \Theta^2(du^2)^2,$$

les surfaces correspondantes étant des ellipsoïdes et des hyperboloïdes à deux nappes.

3° Dans le dernier cas, la fonction Θ satisfait à l'équation suivante :

$$\Delta_2\Theta = \varepsilon\Theta \qquad (\varepsilon = \pm 1),$$

et Ω prend la forme

$$\Omega = \varepsilon(du^1)^2.$$

Sur les surfaces qui correspondent à ce cas une des familles de lignes de courbure affines se compose de géodésiques de la surface et la courbure affine est nulle.

Dans les considérations précédentes, nous avons supposé que le tenseur de courbure de la connexion induite est différent de zéro; s'il est nul les surfaces sont des sphères affines impropres.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Recherche des cycles limites.* Note de M. **Henri Dulac.**

On peut simplifier les règles données par Poincaré pour trouver les cycles limites du système

$$(1) \qquad dx = X(x, y)\,dt, \qquad dy = Y(x, y)\,dt.$$

X, Y et les fonctions $A(x, y)$, $F(x, y)$ employées ci-après sont uniformes

et ont des dérivées. Une solution de (1) décrite par un point M du plan des x, y sera dite *positive* si M la décrit pour t croissant.

Soit une famille de courbes A définies par l'équation

$$A(x, y) = c \qquad (c = \text{const. arbitraire}). \tag{2}$$

Si M décrit une solution de (1), $A(x, y)$ est une fonction de t qui a pour dérivée

$$\frac{dA}{dt} = A'_x X(x, y) + A'_y Y(x, y) \equiv P(x, y).$$

Le signe de $P(x, y)$, pour les points d'un arc A, indique dans quel sens les solutions positives traversent cet arc. On généralise de la façon suivante la notion d'arc sans contact due à Poincaré. Un arc K est *à sens unique* si les solutions qui aboutissent à K sont positives si elles viennent de la région située d'un côté de K et sont négatives si elles viennent de la région située de l'autre côté de K. Un arc K de courbe (A), qui ne contient aucun point singulier de (1), est *à sens unique* si $P(x, y)$ ne prend sur K que des valeurs de *même signe ou nulles*. Un cycle C *à sens unique* sera dit *positif* ou *négatif* suivant que les solutions qui aboutissent à C, en venant de l'*extérieur* de C, sont *positives* ou *négatives*.

Un cycle limite L est *pair* si, contrairement à ce qui a lieu en général, les solutions asymptotes à une face de L sont positives et celles asymptotes à l'autre face négatives. *Un cycle limite compte pour deux cycles.* Pour un tel cycle L on a

$$\int_L (X'_x + Y'_y)\, dt = 0.$$

Les particularités que présentent les cycles limites traversant un point singulier amènent à les considérer à part, pour certaines questions.

Il est commode de donner un signe à un *point singulier* S, où finissent une *infinité de solutions de même signe* et où aboutissent un *nombre fini* (nul en général) de solutions du signe contraire. S sera dit positif ou négatif suivant le signe des solutions en nombre infini qui finissent en S.

Une région est *cyclique* si elle contient un ou plusieurs cycles limites, sans contenir d'arcs d'autres cycles limites. Une région est *acyclique* si elle ne contient aucun arc de cycle limite.

I. 1° *Soit* D *une région annulaire comprise entre deux cycles* C *et* C_1 *à sens unique. On suppose que les seuls points singuliers que* D *puisse contenir sont des cols. Il y a dans* D *un nombre pair ou impair de cycles limites suivant que* C *et* C_1 *ont même signe ou des signes contraires.* Le nombre pair peut

être nul. Poincaré a donné un énoncé équivalent à celui-ci, mais plus compliqué.

2° On sait que *la somme des indices des points singuliers intérieurs à un cycle limite est* -1. Il en résulte que *la région intérieure à un cycle* C *à sens unique* est acyclique *si les points singuliers intérieurs à* C *sont tous des cols, ou si ni la somme des indices de certains de ces points, ni l'indice de l'un d'eux n'est égal à* -1.

3° *La région intérieure à un cycle* C *à sens unique est cyclique si tous les points singuliers intérieurs à* C, *autres que les cols, ont un signe et sont d'un autre signe que* C.

4° *La région extérieure à un cycle* C *à sens unique est cyclique si une solution extérieure à* C, *d'un autre signe que* C, *ne va pas à l'infini et ne finit pas en un point singulier. On est toujours dans ce cas si les solutions d'un autre signe que* C *ne vont pas à l'infini et si les points singuliers extérieurs à* C *sont ou des cols ou des points de même signe que* C.

II. Chacune des courbes (2) est formée de cycles et d'arcs analogues à une parabole ou une branche d'hyperbole. Chacun de ces éléments d'une courbe (2) sera considéré comme une courbe (A) distincte. S'il existe de ces courbes (A) qui aient un contact d'ordre impair avec $P(x, y)$, en tout point commun à ces deux courbes, ces courbes particulières (A) *sont à sens unique* (sauf peut-être celles qui passent par un point singulier). Elles divisent le plan *en régions dont chacune ne peut être que cyclique ou acyclique*. Les énoncés précédents peuvent souvent permettre de connaître celui de ces deux cas qui se présente. On peut aussi employer la remarque suivante : *Si* $P(x, y)$ *ne change pas de signe dans une région* D, *limitée d'une façon quelconque, il n'y a de cycle limite intérieur à* D *que si* $P(x, y)$ *est nul pour tous les points d'un cycle* (A) *intérieur à* D. Ce cycle (A) est un cycle limite. On reconnaît donc facilement si D est cyclique ou acyclique, lorsque D est limité par des courbes (A) à sens unique, si $P(x, y)$ ne change pas de signe dans D.

III. La généralisation d'une remarque de Bendixson montre que, si l'on pose

$$B(x, y) = [X'_x + Y'_y] F(x, y) + XF'_x + YF'_y, \qquad I = \iint B(x, y)\, dx\, dy,$$

l'intégrale I *est nulle si on l'étend à une aire bornée, limitée par des arcs de solution et des arcs de* $F(x, y) = 0$. On en tire en particulier, les conclusions suivantes dans le cas où $B(x, y)$ *ne change pas de signe dans une région* D *limitée d'une façon quelconque* : 1° *si* D *est simplement connexe, il n'y a pas*

de cycle limite intérieur à D; 2° *si* D *est une région annulaire limitée par deux cycles quelconques, il y a au plus un cycle limite intérieur à* D. Les théorèmes donnés par Poincaré pour reconnaître si une région est monocyclique sont des cas particuliers de cet énoncé 2°.

IV. L'emploi des coordonnées polaires et la substitution aux courbes définies par (2), de courbes définies par une équation différentielle donnent lieu à des remarques analogues aux précédentes. Les arcs à sens unique et l'intégrale I fournissent parfois facilement, pour une équation (1) déterminée, des moyens d'un caractère quantitatif pour obtenir le nombre et la position approximative des cycles limites. Ces divers procédés m'ont permis jusqu'ici de trouver d'une façon simple le nombre et la position des cycles limites pour les équations différentielles, que j'ai rencontrées, relatives à des questions de Sciences appliquées.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur une équation différentielle du premier ordre intervenant dans divers problèmes* (1) *de géométrie*. Note de M. **Dragoslav S. Mitrinovitch**, présentée par M. Jean Chazy.

Considérons l'équation différentielle

$$m(x)y^2 + 2n(x)yy' + p(x)y'^2 = 1. \tag{1}$$

Si l'on y prend comme inconnue auxiliaire le quotient

$$\frac{y}{y'} = \lambda,$$

on aura

$$y' = \frac{1}{\sqrt{m\lambda^2 + 2n\lambda + p}}, \qquad y = \frac{\lambda}{\sqrt{m\lambda^2 + 2n\lambda + p}}.$$

En exprimant que y' est la dérivée de y, Darboux a montré (2) que λ satisfait à l'équation

$$\frac{d\lambda}{dx} = \frac{m'\lambda^3 + 2(n' + m)\lambda^2 + (p' + 4n)\lambda + 2p}{2(n\lambda + p)}. \tag{2}$$

(1) Voir par exemple, G. Darboux, *Théorie générale des surfaces*, 3, 1925, p. 303; D. Mitrinovitch, *Publications mathématiques de l'Université de Belgrade*, 3, 1934, p. 175-178; R. Godeaux, *Bulletin de l'Académie royale de Belgique*, Cl. des Sciences, 5e série, 22, 1936, p. 1144-1155.

(2) *Théorie générale des surfaces*, 4, 1925, p. 445.

Dans la présente Note nous allons donner une transformation de l'équation (1) *qui est parallèle à la transformation de Darboux et qui se prête bien au problème de l'intégration de l'équation* (1).

Envisageons l'équation (1) sous la forme

$$y'^2 + a_2(x)y^2 + 2a_1(x)yy' + a_0(x) = 0; \tag{3}$$

elle est équivalente au système

$$y' + (a_1 + \delta)y = \lambda,$$
$$y' + (a_1 - \delta)y = -\frac{a_0}{\lambda} \qquad (\delta = \sqrt{a_1^2 - a_2}).$$

De ces deux relations il s'ensuit que

$$2y = \frac{1}{\delta}\left(\lambda + \frac{a_0}{\lambda}\right),$$
$$2y' = \lambda\left(1 - \frac{a_1}{\delta}\right) - \frac{a_0}{\lambda}\left(1 + \frac{a_1}{\delta}\right),$$

d'où résulte pour λ l'équation suivante

$$\frac{d\lambda}{dx} = \frac{M\lambda^3 + N\lambda}{\lambda^2 + P} \tag{4}$$

avec

$$M = (\log\delta)' + \delta - a_1,$$
$$N = a_0(\log\delta)' - a_0\delta - a_0 a_1 - a'_0,$$
$$P = -a_0.$$

De ces trois relations on tire

$$a_0 = -P, \qquad a_1 = (\log\delta)' + \delta - M, \qquad a_2 = a_1^2 - \delta^2, \tag{5}$$
$$\delta = \frac{MP + N - P'}{2P}.$$

Par la substitution $\lambda^2 = z$ l'équation (4) se transforme en

$$\frac{dz}{dx} = \frac{2Mz^2 + 2Nz}{z + P}; \tag{6}$$

elle est donc du type classique

$$\frac{dz}{dx} = \frac{\alpha_0(x)z^2 + \alpha_1(x)z + \alpha_2(x)}{z + \beta(x)},$$

où l'on a $\alpha_2(x) = 0$.

Si l'on envisage une équation intégrable de la forme

$$(7)\qquad \frac{du}{dx}=\frac{\alpha_0(x)u^2+\alpha_1(x)u+\alpha_2(x)}{u+\beta(x)},$$

elle se transforme en l'équation intégrable

$$\frac{dz}{dx}=\frac{\alpha_0 z^2+(2\alpha_0 u_0+\alpha_1-u'_0)z}{z+u_0+\beta},$$

en effectuant la substitution $u=u_0+z$, où u_0 est une solution particulière de l'équation (7).

La liaison établie entre les équations (3) et (7) se résume en la proposition :

Chaque cas d'intégrabilité de l'équation d'Abel (7) *fournit un cas d'intégrabilité de l'équation* (3), a_0, a_1, a_2 *étant déterminés par* (5), *où* M, N, P *sont définis par les formules*

$$M=\frac{1}{2}\alpha_0,\qquad N=\alpha_0 u_0+\frac{1}{2}(\alpha_1-u'_0),\qquad P=u_0+\beta.$$

Ainsi l'on voit que le passage d'une équation (7) à l'équation (3) peut être réalisé si l'on connaît une solution particulière de l'équation (7).

Le passage à l'équation (7) de l'équation plus générale

$$(8)\qquad \frac{dy}{dx}=\frac{a(x)y^3+b(x)y^2+c(x)y+d(x)}{e(x)y+f(x)},$$

peut être réalisé lui-même pourvu qu'on connaisse une solution particulière de l'équation (8); si y_1 désigne cette solution, l'équation transformée en u par la relation $y=y_1+1/u$ est de la forme (7).

ASTROPHYSIQUE. — *A propos d'un critérium de la réalité des vitesses des nébuleuses*. Note de M. **André Machiels**, présentée par M. Charles Fabry.

Recherchant un critérium de la réalité des vitesses radiales des nébuleuses, E. Hubble applique une méthode [1] où les données d'observation spectroscopiques et photométriques sont comparées aux prévisions théoriques.

Parmi ces prévisions, le rôle principal et décisif est joué par le calcul de la diminution de luminosité apparente d'une nébuleuse en fonction du

---

(1) E. Hubble, *Astroph. J.*, 84, 1936, p. 517.

déplacement vers le rouge des raies de son spectre. L'auteur de la méthode estime que cette diminution n'est pas la même selon que le déplacement des raies est dû à une véritable vitesse ou à quelque autre phénomène : « La luminosité apparente d'une nébuleuse » dit-il, « est mesurée par le taux d'arrivée de ses quanta de lumière d'une part, et par l'énergie de ces quanta d'autre part. Chacune de ces quantités peut être influencée par le déplacement vers le rouge, et les résultats sont connus respectivement sous les noms de *effet de nombre* et *effet d'énergie*. L'effet d'énergie résulte de la relation familière $E\lambda = Cte$; le déplacement vers le rouge, quelle que soit son origine, affecte l'énergie de chaque quantum d'un facteur $(1 + d\lambda/\lambda)^{-1}$. L'effet de nombre, qui opère *seulement* dans le cas d'un véritable mouvement, réduit le taux d'arrivée des quanta à l'observateur et affecte par conséquent la luminosité d'un facteur $(1 + v/c)^{-1} = (1 + d\lambda/\lambda)^{-1}$ égal au précédent, soit, au total, $(1 + d\lambda/\lambda)^{-2}$ ».

C'est au sujet de l'existence même de cette différence d'expression, et du précieux critérium qu'elle fournirait, que nous croyons devoir élever des doutes. Selon nous, la vitesse relative ne peut pas agir à la fois sur l'énergie des quanta et sur leur taux d'arrivée. En effet, on peut bien, dans le cadre des théories quantiques parvenir à démontrer ([2]) qu'un quantum $h\nu$ se transforme en un quantum $h\nu'$ sous l'influence d'une vitesse relative, et à établir la relation entre ν et ν' en fonction de cette vitesse; mais, pour que cette vitesse puisse aussi influer sur le taux d'arrivée des quanta, il faudrait qu'il existât un taux de départ, c'est-à-dire une fréquence d'émission, et que cette fréquence fût précisément égale à ν. Or on sait que le symbole ν n'implique aucunement cette idée dans les théories quantiques où la notion de fréquence d'émission n'intervient pas. La luminosité peut bien dépendre, par ailleurs, d'un nombre de quanta, fonction du nombre des atomes émetteurs; mais il faudrait démontrer que ce nombre d'atomes est influencé par une vitesse radiale relative, ce que personne, pensons-nous, ne songerait à avancer.

A titre de confirmation, rappelons que le problème a été résolu de la façon la plus complète et la plus générale par Einstein dès son premier Mémoire de 1905 ([3]). Après avoir établi la formule relativiste, aujourd'hui

([2]) Après un échec de K. Försterling (*Zeitsch. f. Phys.*, 3, 1920, p. 404), E. Schrödinger n'y est parvenu que grâce à des artifices assez subtils (*Phys. Zeitsch.*, 23, 1922, p. 301).

([3]) A. Einstein, *Annalen der Phys.*, 17, 1905 (Trad. Solovine, Paris, 1925, p. 37).

classique, de l'effet Doppler-Fizeau

$$\frac{\nu}{\nu'} = 1 + \frac{d\lambda}{\lambda} = \frac{1 + \frac{v}{c}}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}},$$

il traitait, avec tous les raffinements de la méthode qu'il venait de créer, de l'influence d'une vitesse relative sur les énergies lumineuses émises et reçues, et il trouvait encore

$$\frac{E}{E'} = \frac{1 + \frac{v}{c}}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} \qquad \text{d'où} \qquad E' = E\left(1 + \frac{d\lambda}{\lambda}\right)^{-1}.$$

C'est donc bien le facteur $(1 + d\lambda/\lambda)^{-1}$ qui s'applique dans le cas d'une vitesse comme dans les autres cas, et il n'y a pas, du moins dans le cadre de la méthode photométrique proposée, de critérium qui permette de décider si le déplacement des raies vers le rouge est dû, ou non, à une véritable vitesse.

D'un point de vue plus général, on peut encore remarquer que la véritable question n'est pas tant de rechercher la valeur de la réduction de luminosité par l'effet Doppler-Fizeau, que de savoir si cette réduction est différente de celle qui résulterait d'un autre phénomène donnant le même déplacement des raies vers le rouge. Or il paraît hasardeux d'affirmer qu'un tel phénomène, dont on reconnaît ignorer totalement la nature, ne peut pas produire les deux mêmes effets, spectroscopique et photométrique, qu'une vitesse radiale. Placé ainsi sur le terrain de la seule logique, il semble que l'on arrive en tous cas à l'impossibilité d'un critérium, tout au moins jusqu'au moment où, ayant formulé des hypothèses sur le phénomène inconnu, on pourra soumettre celles-ci au calcul au même titre que l'effet Doppler-Fizeau.

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *Sur la représentation matricielle des équations de Maxwell.* Note de M. **Gérard Petiau**, présentée par M. Louis de Broglie.

L'étude de l'électromagnétisme dans le vide peut s'effectuer, comme l'a d'ailleurs déjà proposé Darwin, en utilisant, au lieu des champs électrique et magnétique h et H, un système de six fonctions d'ondes ψ_i (ψ_1, ψ_2, ψ_3

correspondant à h, ψ_4, ψ_5, ψ_6 correspondant à H) et en substituant aux deux systèmes d'équations de Maxwell, équations d'évolution, équations de condition,

$$\text{(1)}\qquad \mathrm{Rot}\,h + \frac{1}{c}\frac{\partial \mathrm{H}}{\partial t} = 0, \qquad \mathrm{Rot}\,\mathrm{H} - \frac{1}{c}\frac{\partial h}{\partial t} = 0,$$

$$\text{(2)}\qquad \mathrm{div}\,h = 0, \qquad \mathrm{div}\,\mathrm{H} = 0,$$

le double système d'équations d'ondes

$$\text{(3)}\qquad \frac{1}{c}\frac{\partial \psi_i}{\partial t} = \left[\mathrm{A}_1\frac{\partial}{\partial x} + \mathrm{A}_2\frac{\partial}{\partial y} + \mathrm{A}_3\frac{\partial}{\partial z}\right]\psi_i,$$

$$\text{(4)}\qquad \mathrm{div}\,\psi_i = 0.$$

A_1, A_2, A_3 représentent ici les matrices hermitiques :

$$\text{(5)}\quad \mathrm{A}_1 = \left|\begin{array}{ccc:ccc} & & & 0 & 0 & 0 \\ & 0 & & 0 & 0 & -1 \\ & & & 0 & 1 & 0 \\ \hdashline 0 & 0 & 0 & & & \\ 0 & 0 & 1 & & 0 & \\ 0 & -1 & 0 & & & \end{array}\right|, \quad \mathrm{A}_2 = \left|\begin{array}{ccc:ccc} & & & 0 & 0 & 1 \\ & 0 & & 0 & 0 & 0 \\ & & & -1 & 0 & 0 \\ \hdashline 0 & 0 & -1 & & & \\ 0 & 0 & 0 & & 0 & \\ 1 & 0 & 0 & & & \end{array}\right|, \quad \mathrm{A}_3 = \left|\begin{array}{ccc:ccc} & & & 0 & -1 & 0 \\ & 0 & & 1 & 0 & 0 \\ & & & 0 & 0 & 0 \\ \hdashline 0 & 1 & 0 & & & \\ -1 & 0 & 0 & & 0 & \\ 0 & 0 & 0 & & & \end{array}\right|.$$

Nous pourrions étudier directement ces matrices, mais il est plus simple de les considérer comme écrites dans un système de numération à deux indices

$$\text{(6)}\qquad (\mathrm{A}_1)_{ik,\,lm} = (\sigma_1)_{il}\rho_{km}, \qquad (\mathrm{A}_2)_{ik,\,lm} = (\sigma_2)_{il}\rho_{km}, \qquad (\mathrm{A}_3)_{ik,\,lm} = (\sigma_3)_{il}\rho_{km}$$

(i, l, variant de 1 à 3; k, m variant sur 1 et 2).

Afin de ne considérer que des matrices hermitiques, nous prendrons

$$\text{(7)}\quad \left\{\begin{array}{ll} \sigma_1 = i\left|\begin{array}{ccc} 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -1 \\ 0 & 1 & 0 \end{array}\right|, & \sigma_2 = i\left|\begin{array}{ccc} 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 \\ -1 & 0 & 0 \end{array}\right|, \\ \sigma_3 = i\left|\begin{array}{ccc} 0 & -1 & 0 \\ 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{array}\right|, & \rho = i\left|\begin{array}{cc} 0 & -1 \\ 1 & 0 \end{array}\right|. \end{array}\right.$$

Ce système de matrices σ a déjà été considéré comme représentation des opérateurs moments de rotation ([1]).

([1]) TEMPLE, *Principles of Quantum Theory*, p. 53.

Si l'on cherche les relations liant les σ entre eux, on voit que ceux-ci satisfont aux deux systèmes

$$(8)\qquad (\sigma_i)^3=\sigma_i,\qquad \sigma_i\sigma_j^2+\sigma_j^2\sigma_i=\sigma_i,\qquad \sigma_i\sigma_j\sigma_k+\sigma_k\sigma_j\sigma_i=0,$$

$$(9)\qquad \sigma_1\sigma_2-\sigma_2\sigma_1=i\sigma_3,\qquad \sigma_2\sigma_3-\sigma_3\sigma_2=i\sigma_1,\qquad \sigma_3\sigma_1-\sigma_1\sigma_3=i\sigma_2.$$

La définition (6) montre que les A satisfont également au système (8), mais non au système (9).

L'introduction des σ, directement, pour représenter les matrices d'une équation d'ondes, représentative du système de Maxwell, peut d'ailleurs s'effectuer en utilisant (toujours dans le cas de l'électromagnétisme dans le vide), aux lieux des champs H et h, les combinaisons $F=H+ih$, $F^*=H-ih$. Les équations (1) et (2) se ramènent alors aux systèmes conjugués

$$(10)\qquad \begin{cases} -i\dfrac{1}{c}\dfrac{\partial F}{\partial t}=\operatorname{Rot}F, & \operatorname{Rot}F^*=i\dfrac{1}{c}\dfrac{\partial F^*}{\partial t},\\ \operatorname{div}F=0, & \operatorname{div}F^*=0.\end{cases}$$

Habituellement, lorsqu'on utilise ce symbolisme, on rétablit la réalité dans les équations (10) que l'on considère comme imaginaires, en introduisant la variable $x_0=ict$. Mais ceci en fait n'est pas nécessaire car la première des équations (10) doit être considérée comme représentant l'équation d'ondes

$$(11)\qquad \frac{1}{c}\frac{\partial F}{\partial t}=\left(\sigma_1\frac{\partial}{\partial x}+\sigma_2\frac{\partial}{\partial y}+\sigma_3\frac{\partial}{\partial z}\right)F=HF,$$

dans laquelle, grâce à l'introduction du facteur i précédent, l'opérateur H est hermitique.

Cet opérateur, itéré, satisfait à l'identité

$$(12)\qquad H^3=H\left(\frac{\partial^2}{\partial x^2}+\frac{\partial^2}{\partial y^2}+\frac{\partial^2}{\partial z^2}\right).$$

Or H constitue une représentation de l'opérateur rotationnel. On voit ici facilement le fait que l'opérateur rotationnel est un opérateur sens inverse.

Cette représentation des équations de Maxwell permet de les rapprocher du système des équations d'ondes du photon de M. Louis de Broglie [2] lorsqu'on considère la masse du photon comme nulle.

En effet, le système (8) est identique au système des relations qui lient les matrices de la théorie du photon. D'autre part, le système (9), est le

---

[2] *Cours professé à l'Institut Henri-Poincaré*, 1935-1936.

système des relations qui doit lier les matrices utilisées dans une représentation du spin d'une particule qui suit la statistique de Bose.

A côté de ces analogies apparaissent certaines divergences qui tiennent à la forme des équations de condition (2) qui ne sont pas exactement des équations complémentaires des équations (1) telles que nous avons définies celles-ci ([3]) et telles qu'elles se présentent dans la théorie du photon. En effet dans le cas des matrices σ, il n'existe pas de système complémentaire, ce fait tenant à la dissymétrie des σ qui sous forme diagonale présentent comme termes diagonaux $+1, -1, 0$ de telle sorte qu'une matrice complémentaire ne peut présenter qu'un état $+1$ ou -1 et deux états 0.

Il semble là que le système des équations (1) et (2) soit incomplet et que, même pour les représentations classiques de l'électromagnétisme, le système des équations du photon de M. Louis de Broglie doive lui être préféré comme constituant une extension symétrique des équations de Maxwell.

MESURES ÉLECTRIQUES. — *Contacts électriques commutables et stables.* Note de MM. **Georges-Albert Boutry** et **Georges Tréherne**, présentée par M. Charles Fabry.

La précision, dans la mesure des résistances électriques, est limitée non seulement par la constance des étalons de comparaison et par la sensibilité des instruments de mesure, mais encore par la reproductibilité plus ou moins bonne des propriétés des contacts utilisés pour établir le circuit.

Dans le cas particulier du repérage d'une température dans l'échelle pratique internationale à l'aide du thermomètre à résistance de platine, nous utilisons comme appareil de mesure de la résistance thermométrique le pont de Smith ([1]). Pour des raisons dont l'exposé ne saurait trouver place ici, les bras de proportion de notre montage ont des résistances égales. La résistance des thermomètres utilisés variant de 10 à 100 ohms suivant les instruments et la température à laquelle ils sont portés, on voit que la sensibilité et la fidélité des mesures électriques devront atteindre quelque cent millièmes d'ohm si l'on veut tenter avec quelque chance de succès de situer une température dans l'échelle avec une incertitude égale ou inférieure au millième de degré centigrade. C'est avec cette précision

([3]) G. Petiau, *Thèse*, Paris, 1936.

([1]) Smith, *Philosophical Magazine*, 24, 1912, p. 541.

que les résistances de comparaison, *contacts de commutation compris*, doivent être définies. Six décades étant nécessaires, la résistance de chaque contact doit être reproductible à quelques microhms près (4 à 8 microhms suivant les cas). Aucun contact frottant ne jouit d'une stabilité de cet ordre. Si, dans le cas de quelques bons instruments étudiés par nous, il n'a été décelé que des différences de l'ordre de 20 microhms entre deux valeurs successives prises par la résistance du contact avant et après une manœuvre, cette stabilité ne se maintient pas, quelque soin que l'on prenne pour entretenir les surfaces frottantes; en peu de temps, les fluctuations de la résistance de contact atteignent 50 à 100 microhms, parfois beaucoup plus. L'immersion dans l'huile de vaseline sèche n'améliore que peu la stabilité; par contre, si l'on applique les surfaces frottantes l'une sur l'autre en faisant agir des pressions beaucoup plus fortes que celles qui sont généralement employées par les constructeurs, la stabilité peut devenir très bonne; malheureusement, ces pressions sont trop voisines de la pression de *grippage* (2) et leur emploi compliquerait singulièrement la construction du commutateur.

On sait d'autre part que le contact maintenu entre deux surfaces de cuivre rouge par une faible épaisseur de mercure se montre d'une grande stabilité, même quand on le réalise sans précaution. Malheureusement la manœuvre de ces contacts est incommode et leur emploi n'est pas dépourvu d'aléas (amalgamation accidentelle des résistances de comparaison). Partant de là et guidés par la stabilité déjà assez bonne des rupteurs à mercure industriels, nous avons construit, pour suppléer aux commutateurs à friction, des interrupteurs formés d'un tube de verre dur thermométrique dans lequel sont soudées des électrodes de platine; après un bon nettoyage, on introduit dans l'appareil du mercure fraîchement distillé. L'ensemble est alors longuement chauffé sous vide de façon à obtenir un séchage parfait et un dégazage suffisant des électrodes; le mercure, porté à l'ébullition, amalgame légèrement le platine; on scelle sous vide. La rupture ou la commutation se font en inclinant l'appareil. En donnant au tube une forme convenable on arrive à rompre le courant pour des rotations inférieures à 15° tout en assurant, d'une commutation à l'autre, toutes les conditions d'une bonne reproductibilité de la distribution des lignes de courant unissant les électrodes au travers du mercure.

---

(2) Ces pressions sont à la limite extrême du domaine de graissage connu industriellement sous le nom de *graissage onctueux*.

Pour étudier les propriétés de ces contacts, nous les avons immergés dans un bain d'huile agitée mécaniquement et dont la température pouvait être définie et mesurée à environ 0,05°C. près. Les résistances trouvées sont notablement plus grandes que pour des contacts à friction; elles vont de 0,005 à 0,01 ohm; pour les diminuer, on ne peut guère songer qu'à augmenter la section des fils de platine soudés au verre, mais on est rapidement limité dans cette voie. D'autre part, le contact, étant formé par une chaîne de métaux purs, a un coefficient de température assez grand (peu différent de 3.10^{-3}). Un contact de ce type ayant une résistance de 0,0066 ohm à 20°C. voit cette résistance augmenter à peu près de 20 microhms par degré centigrade. Il résulte de là que le thermostat dans lequel les contacts sont immergés doit pouvoir maintenir la température constante à mieux que 0,05° ce qui ne présente pas d'ailleurs de difficulté.

Ces conditions réalisées, la stabilité du contact est tout à fait remarquable. Au cours de séries de commutations prolongées sur plusieurs de ces appareils pendant de longues semaines, les valeurs des résistances sont restées constantes à ± 2 microhms près (c'était la sensibilité limite du montage de mesure). En fait, au cours des mesures, la constance des résistances de comparaison n'était pas toujours aussi bonne que la stabilité des contacts étudiés.

On n'a pu mettre en évidence de forces électromotrices thermoélectriques appréciables à l'intérieur de ces contacts; il n'y a là rien d'étonnant, car les dimensions données aux parties utiles des appareils (la chaîne platine-mercure-cuivre n'a que 1^{cm} à $1^{cm},5$ de long) sont trop petites pour que le gradient de température n'y soit pas négligeable. Ces résultats sont d'autant plus intéressants qu'au cours des mesures on était obligé de faire passer dans les contacts un courant de l'ordre de l'ampère afin d'obtenir une sensibilité suffisante; le comportement des contacteurs ne peut qu'être amélioré quand ils reçoivent des courants de l'ordre de 10 milliampères, intensité pour laquelle ils ont été construits.

ÉLECTROTECHNIQUE. — *Sur le vieillissement électrique et mécanique des conducteurs de cuivre sous l'action prolongée du courant électrique.* Note de M. **Oleg Yadoff**, transmise par M. André Blondel.

Le vieillissement des conducteurs métalliques d'électricité est un fait connu depuis relativement longtemps. A notre connaissance, l'idée en

revient à Lord Kelvin, disant que les câbles électriques avaient aussi besoin de repos hebdomadaire. Toutefois, cette question fut délaissée en électrotechnique, jusqu'à la réalisation des transports d'énergie électrique à grande distance. Dans les lignes aériennes de longue portée, le vieillissement du métal a été reconnu, ces temps derniers, comme très appréciable; on l'attribuait généralement aux vibrations provoquées, en général, dans les conducteurs élastiques, par toute variation atmosphérique. Quelquefois, on admettait un vieillissement spontané du métal, c'est-à-dire une perte partielle de ses qualités mécaniques avec le temps, sans qu'il soit soumis à un travail quelconque; ce phénomène fut étudié récemment expérimentalement par Tadashi Kowai (¹) sur du cuivre électrolytique. Mais, à notre connaissance, personne ne s'est encore occupé du vieillissement des conducteurs de cuivre uniquement en fonction du courant électrique qui les traverse. Pourtant, on aurait pu prévoir qu'une action prolongée du courant pourrait aussi modifier la structure du métal. Inspiré par cette idée, nous avons soumis à des expériences de petits tronçons des conducteurs en cuivre électrolytique, de fabrication, de pureté et de sections différentes. Un groupe de conducteurs a été soumis en permanence au passage du courant continu maintenu sensiblement constant à 5 ampères et cela pendant 24 mois sans interruption. Un autre groupe comportant respectivement les conducteurs identiques a été essayé avec interruptions régulières et prolongées : un mois de travail, deux semaines de repos. En même temps, nous avons conservé la même série d'échantillons dans les mêmes conditions hygrométriques et thermiques, sans leur faire subir aucune action électrique. C'est par rapport à ces témoins que nous avons évalué les modifications physiques du métal traité en fontion de l'intensité du courant; le vieillisement dû au temps se trouve ainsi éliminé.

Les résultats nous ont montré qu'il se produit, d'une part, une baisse pratiquement notable de la résistance mécanique, et d'autre part, une légère augmentation de conductibilité électrique.

Par exemple, pour les conducteurs de 5,935, 19,625 et 44,156$^{mm^2}$ de section, ce qui correspond sensiblement à des densités respectives de courant : 0,9, 0,3 et 0,01, nous avons constaté que la baisse moyenne de résistance mécanique est de l'ordre 1,5 pour 100, et peut atteindre dans les cas les plus défavorables, 3 pour 100. Les nombreuses courbes d'essais à la

---

(¹) *Science Reports of the Tohoky Imperial University*, Japon, 1re série, **22**, n° 2, mai 1933, p. 354.

la traction montrent qu'il est plus prudent de faire la comparaison des résistances aux points de la limite d'élasticité (points où le coude de la courbe commence), car la position nette et exacte du point maximum de la courbe n'est pas toujours facile à déterminer. Les valeurs que nous donnons ici correspondent à ces points.

Pour les mêmes conducteurs, nous avons constaté que la diminution de la résistivité est, en moyenne, variable selon la teneur en cuivre, entre 0,0020 et 0,0075 pour 100; les plus fortes valeurs correspondent aux conducteurs de section plus faibles.

D'une façon générale, les valeurs correspondant aux conducteurs de second groupe, conducteurs ne subissant qu'un traitement intermittent, sont nettement moins différentiées que celles ci-dessus mentionnées.

L'amélioration de la conductibilité électrique contrarie quelque peu les prévisions théoriques; car, *a priori*, on a pu croire à une augmentation de résistance et non à sa chute. M. E. Darmois suppose qu'il se produit une recristallisation du métal en même temps qu'une élimination progressive des impuretés; si cette dernière hypothèse était confirmée par l'expérience, on pourrait envisager une nouvelle méthode électrique d'épuration des métaux, qui aurait une importance pratique dans l'industrie.

Les chiffres ci-dessus ne doivent être considérés que comme des valeurs indicatives. Suivant la nature du conducteur (teneur en cuivre, traitement thermique etc.) et la densité du courant, les résultats peuvent être différents. Seuls les essais que les grandes sociétés de transmission d'énergie électrique pourraient entreprendre en vue d'une étude statistique complète, apporteraient une contribution plus précise à l'étude que nous venons d'exposer.

PHYSIQUE ÉLECTRONIQUE DU SOLIDE. — *Sur l'intensité d'interaction orbitale dans les combinaisons à ionisation multiple*. Note de M. **Robert Forrer**, transmise par M. Pierre Weiss.

Dans les métaux fusibles aussi bien que dans les métaux réfractaires (éléments de transition), un réseau électronique orbital est responsable de l'état solide cristallin, stable jusqu'au point de fusion T. Celui-ci satisfait à la relation $T = F\sqrt{N}$ où N est le nombre des interactions (contacts) d'un atome avec les voisins et F un facteur qui mesure l'intensité de ces interactions entre les orbites électroniques. Ce facteur F n'est pas une

constante. Il dépend d'abord (¹) dans une faible mesure du nombre des étages complets et du nombre des électrons solitaires (de spin non compensé), mais surtout il est proportionnel au nombre quantique orbital z : $F = lF_p$, où F_p est le facteur de l'ordre de 300°, caractéristique des électrons p, où $l = 1$ (²).

En même temps que j'ai établi la proportionnalité de F avec l j'ai montré que dans les éléments métalliques ce sont les électrons solitaires qui sont les électrons de contacts et par conséquent les électrons du réseau électronique. Ainsi s'expliquent les points de fusion élevés des éléments de transition où le sous-étage incomplet est à l'état d pour lequel $l = 2$ et par conséquent $F = 2F_p$.

D'autre part les combinaisons monoionisées (KCl, RbBr, etc.) possèdent un réseau électronique d'une certaine parenté avec celui des métaux, puisque leurs points de fusion obéissent à la même loi des contacts $T = F\sqrt{N}$. Mais ce réseau électronique est constitué par les 3 paires d'électrons à l'état p de la couche superficielle (¹). Les ions monoionisés ayant une couche électronique extérieure identique à celle des gaz rares et ne possédant par conséquent pas le sous-étage incomplet qui intervient dans les métaux, il faut chercher ailleurs la cause du contact. Il est naturel de penser qu'elle réside dans les charges inverses qui rapprochent les ions. S'il en est ainsi, l'intensité de ces contacts doit dépendre du degré d'ionisation i et on peut admettre comme hypothèse la plus simple la proportionnalité avec i; $F = iF_{(i=1)}$ est donc pour les combinaisons à ionisation multiple une relation analogue à $F = lF_p$ qui donne l'intensité des contacts dans les éléments métalliques.

Pour la démonstration je choisis des combinaisons à ionisation multiple (des fluorures, oxydes, nitrures, carbures) qui cristallisent dans le réseau de NaCl, et qui font tous le même nombre de contacts. On voit facilement puisque $T = iF\sqrt{N}$, que dans ce cas les points de fusion doivent être proportionnels au degré d'ionisation i, abstraction faite d'une correction qui provient de la diminution du facteur F avec l'augmentation du nombre des étages complets (¹).

Quelques exemples sont donnés dans le tableau suivant qui contient sous i le degré d'ionisation, sous T la température absolue de fusion,

---

(¹) R. Forrer, *Comptes rendus*, 203, 1936, p. 1268 et 1530.
(²) R. Forrer, *Comptes rendus*, 204, 1937, p 1554.

sous N le nombre des contacts N, uniformément égal à 12 et qui est réalisé par 3 paires d'orbites à 4 contacts situées dans les 3 plans du cube. On obtient ainsi le facteur adopté F_a qui est très approximativement proportionnel à *i*.

i.		T.	N.	F_a.
1 ±	KF	1130° K.	12	1 × 326
	RbF	1043	12	1 × 301
	CsF	955	12	1 × 276
2 ±	MnO	2058	12	2 × 297
	CoO	2083	12	2 × 301
	NiO	2263	12	2 × 327
	BaO	2196	12	2 × 317
3 ±	TiN	3220	12	3 × 310
	ZrN	3255	12	3 × 313
4 ±	HfC	4160	12	4 × 300
	TaC	4150	12	4 × 300

On voit qu'effectivement les points de fusion des fluorures, oxydes, nitrures et carbures, qui sont de l'ordre de 1000, 2000, 3000 et 4000°, sont dans le rapport 1 : 2 : 3 : 4 comme le degré d'ionisation.

Donc, en résumé, l'*interaction orbitale dans les combinaisons à ionisation multiple est proportionnelle au degré d'ionisation i*.

SPECTROSCOPIE. — *Spectres d'absorption infrarouges de l'eau liquide, solide et en solution.* Note [1] de MM. **Gabriël Bosschieter** et **Jacques Errera**, présentée par M. Marcel Brillouin.

Les résultats que nous allons exposer confirment ceux de nos mesures d'absorption dans la région de 3μ de l'eau dans le dioxane [2].

La figure 1 donne l'absorption de l'eau, en solution très diluée, dans le CCl^4 et le CS^2, solvants où il n'y a pas possibilité de liaisons d'hydrogène, ce qui fait que les conditions sont le plus comparables à celles de la vapeur (voir les courbes). Nous remarquons une bande unique dans le CS^2 à 3640 cm^{-1}, dédoublée dans le CCl^4 à 3550 et 3720 cm^{-1}. Elles correspondent à notre avis aux vibrations de valence de la monomolécule

(1) Séance du 31 mai 1937.

(2) *Journal de Physique* (sous presse).

H—O—H, le dédoublement dans le CCl^4 est dû probablement à la rotation, rotation qui peut se faire dans ce solvant dont les molécules ont une

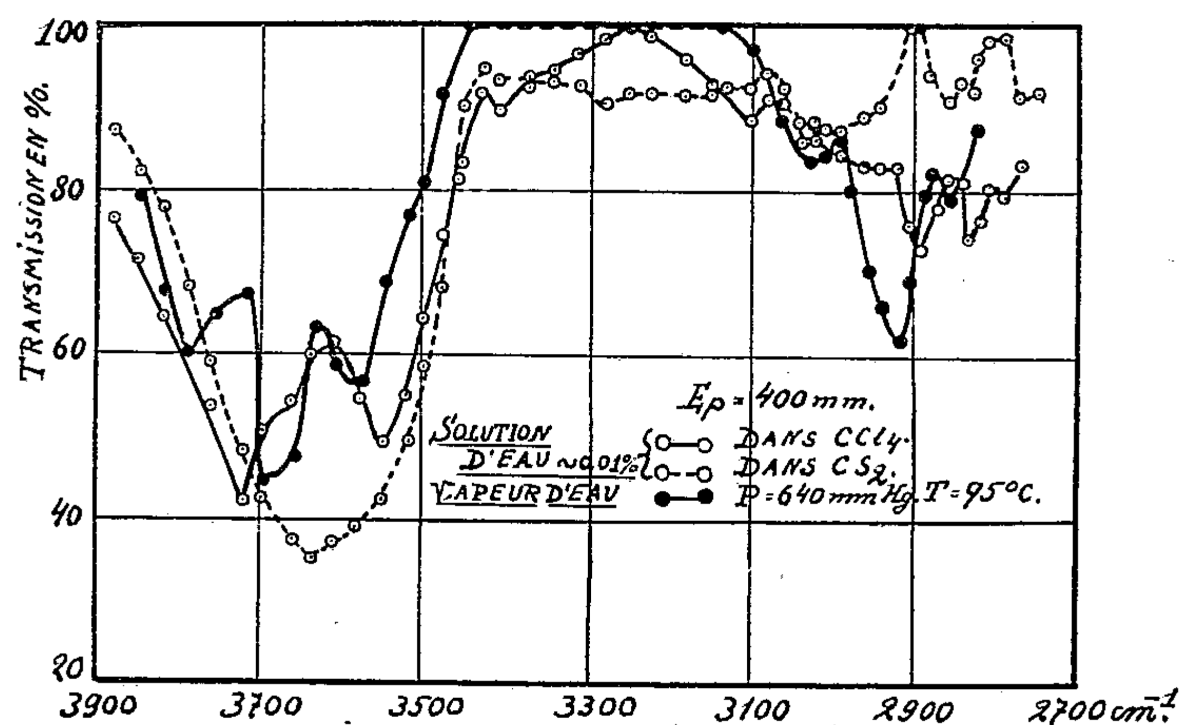


Fig. 1.

symétrie presque sphérique, tandis que la forme allongée des molécules

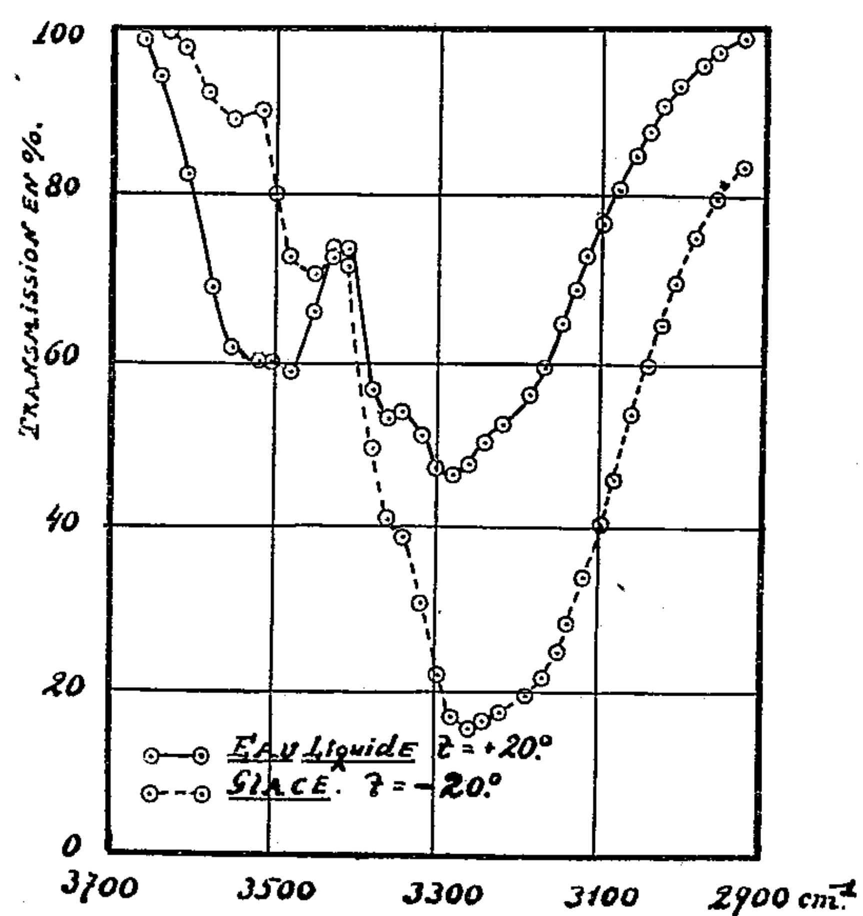


Fig. 2.

S—C—S a pour conséquence un champ électrique plus divergent qui empêche la libre rotation des molécules d'eau dissoutes.

La figure 2 donne deux de nos courbes pour l'eau et la glace sous une épaisseur de quelques μ, dont l'allure est toute différente de celles de la

figure 1. Pour l'eau, la première bande dans la région 3500 cm^{-1} présente deux composantes et la deuxième bande plus intense à 3250 se décompose en trois bandes, dont la dernière à 3360 cm^{-1} apparaît distinctement pour des épaisseurs encore plus faibles. Dans la glace, l'intensité des bandes à 3500 diminue fortement, surtout celle à 3550, par contre, l'intensité des bandes à 3200 augmente sensiblement et leur séparation semble moins nette. Nous reviendrons sur l'attribution de ces bandes, dues à des liaisons d'hydrogène, les premières correspondant à des édifices formés de deux ou quelques molécules d'eau très proches, les secondes au *réseau* de *polymolécules* d'eau où chaque O est entouré de 4H formant un tétraèdre comme le comprend Bernal (3). Il est entendu que, dans les liquides, ces différentes liaisons d'hydrogène pour des molécules déterminées, n'ont qu'une durée de vie moyenne limitée.

En tout cas, il semble bien qu'il ne faille plus rechercher dans l'eau ni dans la glace les trois modes de vibrations fondamentales de la monomolécule d'eau vapeur.

SPECTROSCOPIE. — *Sur les spectres Raman de quelques cétones. Influence de la cyclisation.* Note de Mlle **Dinah Biquard**, présentée par M. Jean Perrin.

Dans ce travail j'ai étudié l'influence de la cyclisation sur la fréquence caractéristique de la liaison C = O de certaines cétones et la variation de cette fréquence avec la grandeur des cycles.

Plusieurs auteurs ont déjà signalé des différences existant entre les spectres Raman de substances à chaîne droite et ceux des composés cycliques correspondants à même nombre d'atomes de carbone. En particulier, en ce qui concerne les cétones, L. Piaux (1) a noté un renforcement très net de la liaison cétonique pour la cyclopentanone par rapport aux composés linéaires ou cyclohexaniques.

J'ai étudié les spectres Raman des cétones suivantes :

1° Pour les cétones aliphatiques et alicycliques :

---

(3) J. D. Bernal, *Trans. Far. Soc.*, 33, 1937, p. 219, et J. D. Bernal et F. H. Fowler, *J. Chem. Phys.*, 1, 1933, p. 518.

(1) *Comptes rendus*, 197, 1933, p. 1647.

a. méthylpropylcétone, propione et cyclopentanone;
b. méthylbutylcétone, éthylpropylcétone et cyclohexanone;
c. méthylamylcétone, éthylbutylcétone, butyrone et subérone.

2° Pour les cétones aromatiques :

a. propiophénone et indanone;
b. butyrophénone et tétralone;
c. valérophénone et benzosubérone.

Pour tous ces produits, deux clichés ont été obtenus, l'un sans filtre donnant l'excitation par les raies 4046,5 Å et 4358,3 Å du mercure, l'autre avec un filtre Noviol A de Pyrex qui laisse passer la raie excitatrice 4358,3 Å et absorbe complètement la raie 4046,5 Å.

Dans cette Note, je ne citerai que les observations relatives à la raie caractéristique de la liaison C = O, l'étude détaillée de l'ensemble devant faire l'objet d'un prochain Mémoire.

TABLEAU I.

Cétones aliphatiques.	ν en cm⁻¹.	Cyclanones.	ν en cm⁻¹.
Méthylpropylcétone	1717	Cyclopentanone	1727 (²) / 1744
Propione	1717		
Métylbutylcétone	1717	Cyclohexanone	1714
Éthylpropylcétone	1719		
Méthylamylcétone	1715		
Éthylbutylcétone	1715	Subérone	1697
Butyrone	1714		

TABLEAU II.

Cétones arylaliphatiques.	ν en cm⁻¹.	Benzocyclanones.	ν en cm⁻¹.
Propiophénone	1686	Indanone	1714
Butyrophénone	1685	Tétralone	1682
Valérophénone	1685	Benzosubérone	1676

Dans ces deux séries, à la formation d'un cycle correspond une variation de la fréquence caractéristique de la liaison C = O, augmentation lorsqu'il s'agit d'un cycle en C_5 et diminution pour les cycles en C_6 et C_7.

De plus, tandis que la valeur de ν reste à peu près invariable pour les cétones à chaîne linéaire des tableaux I et II, on observe des variations

(²) Pour la cyclopentanone, on observe deux raies assez fortes et extrêmement voisines.

systématiques pour les cétones cycliques lorsque l'on passe des cycles en C_5 à ceux en C_6 et C_7. Dans tous ces cas la fréquence de la liaison $C=O$ diminue lorsque la grandeur du cycle augmente.

En résumé, dans le cas des cétones étudiées, la formation d'un cycle correspond à une augmentation de la fréquence de la liaison $C=O$ lorsque le cycle obtenu possède 5 chaînons, tandis que l'on observe une diminution de cette fréquence quand le cycle formé comprend 6 ou 7 chaînons. De plus, la valeur de cette fréquence caractéristique de la liaison $C=O$ décroît lorsqu'on passe du cycle en C_5 à celui en C_6 puis à celui en C_7.

SPECTROSCOPIE. — *Action du champ magnétique sur l'absorption du sélénium.* Note de M. **Stanislaw Roupperт**, présentée par M. Maurice de Broglie.

L'action du champ magnétique sur l'absorption a été examinée par O. Oldenberg (1) pour l'iode et aucune variation d'intensité n'a été décelée, malgré l'existence d'une forte influence du champ sur la fluorescence. Plus tard J. Genard (2) étudia l'action du champ magnétique sur l'absorption de la vapeur de soufre. Dans le domaine de la prédissociation naturelle et au delà, on n'a constaté aucune modification d'absorption, mais, dans les bandes précédant la prédissociation $\lambda > 2790$ Å, on a pu observer une augmentation considérable d'absorption. V. Kondratjew et E. Olsson (3), qui ont étudié l'influence des gaz étrangers sur l'absorption du soufre, ont obtenu des résultats analogues. D'autre part E. Olsson (4) a mis en évidence dernièrement une augmentation inégale des diverses bandes d'absorption de la vapeur de Te^2. Il a pu constater de plus que les bandes de $v'=5$ à $v'=15$ deviennent plus diffuses dans le champ magnétique; v' est le nombre quantique.

D'après les travaux de J. Genard (5), l'action du champ magnétique sur la fluorescence des vapeurs de sélénium se manifeste diversement pour les différentes séries. Certaines séries sont éteintes, les autres renforcées et

(1) *Z. f. Phys.*, 57, 1929, p. 186.
(2) *Physica*, 3, 1936, p. 125.
(3) *Z. f. Phys.*, 99, 1936, p. 671.
(4) *Comptes rendus*, 204, 1937, p. 1182.
(5) *Physica*, 2, 1935, p. 328.

c'est pour cette raison que l'étude de l'action du champ sur l'absorption m'a paru particulièrement intéressante.

Mon dispositif expérimental était analogue à celui employé par Genard pour l'absorption du soufre. Le champ magnétique était dû au grand électroaimant de l'Institut de Physique Expérimentale de l'Université de Varsovie et s'élevait à 24400 gauss. La vapeur de Se^2 était enfermée dans une ampoule en silice ayant la forme d'un cylindre, de 18^{mm} de longueur et de 10^{mm} de diamètre; ce cylindre était enfermé dans un four spécial qui maintenait la vapeur à la température de 615-630° C. La cuve d'absorption possédait une tubulure, placée dans un four supplémentaire à température plus basse (447-486° C.) qui fixait la pression de la vapeur. Comme source lumineuse, donnant un fond continu ultraviolet, j'ai employé une lampe à l'hydrogène (5000 volts; 0,35 amp.). Pour la prise des clichés des spectres absorbants, je me suis servi d'un spectrographe Pellin, de dispersion 18 Å/mm au voisinage de 3200 Å; à cette dispersion les bandes n'étaient naturellement pas dissociées, on n'a donc pu examiner que l'absorption totale dans les bandes. Sur chaque cliché était photographié un spectre sans champ, ensuite avec champ de 24400 Gauss et enfin de nouveau sans champ magnétique. On n'a pris en considération que les clichés pour lesquels les microphotogrammes du premier et du dernier spectre étaient tout à fait identiques. La durée d'exposition était de 6 minutes environ.

Tous les clichés montrent une augmentation d'absorption due au champ magnétique; des bandes observées, notamment de 0-8 à 0-22 et 1-7, 1-8, 1-9, toutes ont subi une augmentation. L'action du champ sur l'absorption de la vapeur de sélénium n'est pas cependant aussi forte que pour l'absorption du soufre, on ne peut donc pas, comme l'a fait Genard, évaluer visuellement les différences des intensités des bandes; mais les microphotogrammes indiquent nettement l'augmentation de l'absorption sous l'influence du champ. Les microphotogrammes démontrent que sous des pressions plus élevées de la vapeur de sélénium, certaines bandes sont si fortes que le fond est entièrement absorbé; dans ces bandes on ne peut donc naturellement pas apercevoir l'augmentation d'absorption: sous ces pressions on constate également une forte absorption continue, ce qui limite le nombre des bandes observées.

En comparant l'influence du champ magnétique sur l'absorption du soufre et du sélénium, on voit que l'action du champ sur l'absorption du soufre est plus forte. Dans le cas du soufre, les niveaux subissant normalement la prédissociation ne paraissent pas subir l'influence du champ magné-

tique, tandis que dans le sélénium, toutes les bandes semblent subir une augmentation d'intensité.

Comme on le sait, l'extinction de la fluorescence de la vapeur d'iode par le champ magnétique est attribuée au phénomène de la prédissociation induite. Les résultats de l'examen de l'influence, soit du champ magnétique, soit de la collision avec les molécules des gaz étrangers sur l'absorption de la vapeur S^2 semblent conduire à la même opinion. Il y a lieu de remarquer que dans le spectre des vapeurs du sélénium Se^2 apparaît une prédissociation naturelle. Le point de croisement de la courbe potentielle de l'état ${}^1\Sigma_u^-$ avec la courbe perturbatrice se trouve à 28690 cm^{-1}. Toutes les séries à nombre quantique $v' \geqq 11$ subissent la prédissociation. Selon Roseni l'analyse du spectre de la vapeur de Se^2 nous oblige à admettre pour l'état excité trois courbes potentielles, s'entre-croisant, dont l'une correspond au maximum et l'autre est une courbe de répulsion. Dans cette disposition des courbes se trouve peut-être l'explication de l'accroissement d'absorption de la vapeur de sélénium, dû au champ magnétique. Les données plus détaillées des résultats obtenus seront publiées sous peu.

OPTIQUE. — *Nouvelle mesure du facteur de dépolarisation de la lumière diffusée par l'argon.* Note de M. **Auguste Rousset**, présentée par M. Charles Fabry.

La valeur très faible, mais différente de zéro ($\rho_0 = 5 \times 10^{-3}$), du facteur de dépolarisation de la lumière diffusée par l'argon, publiée à la fois par J. Cabannes ([1]) et Lord Rayleigh ([2]), révèlerait une légère anisotropie optique des molécules de ce gaz inerte. Au contraire, la structure électronique de l'atome d'argon fait prévoir une isotropie parfaite de cette molécule monoatomique et par là une polarisation complète de la lumière diffusée à angle droit du faisceau incident.

Deux auteurs ont publié les résultats de mesures beaucoup plus récentes. Parthasarathy ([3]) confirme pleinement les résultats antérieurs de J. Cabannes et Lord Rayleigh. Au contraire, Ananthakrishnan ([4]) pense

([1]) *Comptes rendus*, 171, 1920, p. 852.
([2]) *Comptes rendus*, 171, 1920, p. 1002.
([3]) *Indian Journal of Physics*, 7, 1932, p. 139.
([4]) *Proceedings of the Indian Acad. of Science*, 2, 1935, p. 153.

que le facteur de dépolarisation ρ_0, *en lumière incidente parallèle*, doit être nul. Il mesure bien un facteur de dépolarisation égal à $8,2 \times 10^{-3}$, mais l'argon qu'il utilise renferme 14 pour 100 d'azote. Étant donné ([5]) que les intensités diffusées par l'argon et par l'azote sont entre elles comme 0,8 et 1 et que le facteur de dépolarisation de l'azote est égal à $3,6 \times 10^{-2}$, il s'en suit que le facteur de dépolarisation de l'argon pur, dans les expériences d'Ananthakrishnan, est égal à $1,9 \times 10^{-3}$. L'incertitude de la correction de convergence (dont la valeur théorique atteint 4×10^{-3}) se retrouve dans la mesure du facteur de dépolarisation. La preuve de la polarisation complète de la diffusion de l'argon restait donc à faire.

1. En réglant très soigneusement un montage classique de polarisation par la méthode de Cornu, j'arrive à mesurer des facteurs de dépolarisation ρ voisins de 10^{-3} avec une erreur absolue inférieure à 2×10^{-4}. Pour avoir le facteur de polarisation ρ_0 en lumière incidente parallèle, avec cette précision, je fais varier l'ouverture numérique 2θ du faisceau incident et j'extrapole la valeur de ρ_0 sur la courbe représentative de la fonction $\rho = f(\theta^2)$. Cette extrapolation est d'autant plus sûre que les mesures sont faites avec des faisceaux moins ouverts. Ainsi, en lumière incidente polarisée dans le plan de diffusion, sur de l'argon pur, avec les trois ouvertures numériques 1/6, 1/9 et 1/12, j'ai mesuré successivement les facteurs de dépolarisation $\rho = 27 \times 10^{-4}$, 14×10^{-4} et 9×10^{-4}. L'extrapolation graphique conduit à la valeur 3×10^{-4} pour ρ_0 ([6]).

2. Au lieu d'éclairer en lumière naturelle, j'ai polarisé le faisceau incident dans le plan de diffusion. Dans ces conditions, une erreur de réglage de la direction du faisceau diffusé est pratiquement sans effet sur l'intensité des vibrations diffusées; en lumière incidente naturelle, au contraire, le facteur de dépolarisation augmente de 3×10^{-4} si la direction du faisceau diffusé s'écarte seulement de 1° du plan normal au faisceau incident.

D'autre part, il est d'autant plus important de diminuer le fond lumineux sur lequel se détache, dans le gaz, le faisceau dû à la diffusion dépolarisée, que les perfectionnements du montage réduisent l'importance de ce faisceau. En polarisant la lumière incidente, je réduis très fortement la lumière parasite du fond du tube d'observation. En effet, la majeure partie de ce fond

---

([5]) J. Cabannes, *La Diffusion moléculaire de la Lumière*, Paris, 1929.

([6]) Pour ces trois ouvertures, les corrections de convergence théoriques seraient respectivement égales à 4,5, 7,7 et $17,8 \cdot 10^{-4}$, tandis que les corrections que j'ai mesurées sont 6, 11 et $24 \cdot 10^{-4}$.

est dans le même état de polarisation que la lumière incidente, elle sera donc presque complètement arrêtée par le nicol analyseur placé sur le faisceau diffusé, dont la section principale est sensiblement horizontale.

3. La pureté de l'argon atteint 99,8 pour 100. La dépolarisation due aux impuretés (azote et traces d'oxygène) est bien inférieure à la précision de ces mesures. Ce gaz remplit sous la pression atmosphérique, un tube en forme de croix, en verre, dont deux faces terminales, pour l'éclairage du gaz et pour l'observation, sont constituées par de minces lames de verre, exemptes de biréfringence, collées à la picéine.

La source de lumière est soit le Soleil, soit un arc au mercure sous pression. Sur le trajet du faisceau diffusé à 90° des rayons incidents, je place successivement un prisme de Wollaston en quartz dont je rends la section principale verticale, un nicol mobile monté sur un cercle gradué et une chambre photographique. Je détermine par photographie l'angle des deux positions du nicol qui ramènent à l'égalité d'éclat les deux images du faisceau diffusé. Cet angle s'obtient à 0°,5 près si ρ est de l'ordre de 10^{-3}, l'erreur absolue sur ρ est donc inférieure à 2×10^{-4}. Quoique l'objectif photographique soit ouvert à $f/2$, les poses sont longues lorsque l'ouverture numérique du faisceau incident atteint 1/12 : 2 heures avec le Soleil, 3 jours avec l'arc au mercure.

En résumé, des perfectionnements de montage m'ont conduit à un facteur de dépolarisation égale à 3×10^{-4} *en lumière incidente parallèle polarisée*. Je peux conclure en toute certitude que le facteur de dépolarisation de la lumière diffusée par l'argon pur, en *lumière incidente parallèle naturelle*, est inférieur à 10^{-3}.

RADIOACTIVITÉ. — *Sur le spectre* γ *du* RaB *et du* RdAc. Note de MM. **Salomon Rosenblum** et **Marcel Guillot**, présentée par M. Aimé Cotton.

Nous avons signalé (1) qu'il existait des analogies entre les schémas nucléaires des descendants du thorium B, ainsi qu'entre ceux relatifs aux passages actinium B → actinium C et radium C → radium C'. Nous allons montrer qu'une analogie du même genre paraît exister entre les schémas

(1) *Comptes rendus*, 204, 1937, p. 345 et 975.

nucléaires relatifs aux passages radium B → radium C et radioactinium → actinium X.

C. D. Ellis [2] a attribué au radium B 5 rayonnements γ principaux : γA = 52,9; F = 240,6; F_a = 257,1; G = 293,7; H = 349,9 ekV. De plus 11 rayonnements β peu intenses sont restés non classés. Si l'on admet que tous ceux dont l'énergie dépasse 110 ekV sont d'origine K, on a les 6 rayonnements γ suivants : γD_a = 204,4; F_b = 273,2; H_{a_1} = 378,7; H_{a_2} = 389,5; I_{a_3} = 466,4; I_{a_4} = 477,8 ekV.

Si l'on compare la liste d'ensemble de ces rayonnements du radium B à celle des 26 rayonnements du radioactinium [3] compris entre 48 et 513 ekV, on remarque que 5 sur 11 des rayonnements du radium B coïncident, dans la limite de précision des mesures, avec des rayonnements du radioactinium :

RdAc.............	53,0	204,1	273,4	377,4	466
RaB..............	52,9	204,4	273,2	378,7	466,4

En tenant compte de l'intervalle des rayonnements gamma successifs dans la liste du radioactinium, et de l'approximation admissible sur les valeurs numériques de ces rayonnements (1/14 de l'intervalle moyen de deux rayonnements consécutifs), on peut évaluer, par la formule de Bernouilli, la probabilité

$$\begin{Bmatrix} 11 \\ 5 \end{Bmatrix}\left(\frac{1}{14}\right)^5\left(\frac{13}{14}\right)^{(11-5)} \cong \frac{1}{1500},$$

qu'on aurait de rencontrer une telle coïncidence si elle était fortuite.

D'autre part, par analogie avec ce que nous avons déjà signalé [1], on peut mettre en évidence certaines relations numériques simples entre 12 sur 29 des rayonnements gamma classés du radioactinium :

(γ A 26,5 ekV)			(γ C 30,5 ekV)		
γ F 53	»	≅ 2.26,5	γ G 60,7	»	≅ 2.30,4
γ_1 J 79,6	»	≅ 3.26,5	(γ L_a 211,7	»	≅ 7.30,4)
γ_2 E_d 132,5	»	≅ 5.26,5	γ O 273,6	»	≅ 9.30,4
γ L_a 211,7	»	≅ 8.26,5	γ O_c 304,0	»	≅ 10.30,4
			(γ R_g 426	»	≅ 14.30,4)
			(γ T 578	»	≅ 19.30,4)
			(γ V 638	»	≅ 21.30,4)

D'autres rayonnements semblent correspondre à des combinaisons moins

(2) *Proc. Roy. Soc.*, A, **143**, 1934, p. 350.
(3) J. Surugue, *Thèse*, Paris, 1936.

simples. Il est légitime d'en conclure que les nombres 53 et 60,7, ou leurs moitiés, jouent un rôle prépondérant dans le schéma du radioactinium.

En admettant l'idée d'une analogie entre les schémas des deux corps en question on trouve pour les raies de faible énergie β suivantes non classées du radium B :

$$\gamma D(L_1)\ 121,3 \cong 4.30,4 \text{ ekV}$$
$$\gamma A_{a_3}(L_1)\ 60,7 \cong 2.30,4 \text{ ekV}$$

On a également, pour le radium B,

$$378,7 - 257,1 = 121,6 \cong 4.30,4 \text{ ekV}$$
$$273,2 \cong 9.30,4 \text{ ekV}$$

Par ailleurs on a

$$257,1 - 204,6 \cong 52,9 \text{ ekV}$$
$$378,7 - 273,2 \cong 2.52,9 \text{ ekV}$$
$$293,7 - 240,6 \cong 52,9 \text{ ekV}$$

Ces mêmes nombres 30,4 et 52,9, ou leurs multiples, se retrouvent donc également répétés dans le schéma du passage radium B → radium C dont l'analyse plus complète sortirait du cadre de cette Note.

Il semble, par conséquent, exister ici, comme dans les cas signalés antérieurement, une analogie, tout au moins partielle, entre les schémas nucléaires de radioéléments différents, ce qui pourrait peut-être correspondre à des *régions subnucléaires de structure ou de comportement identiques*.

Vu la grande importance qu'aurait cette possibilité pour la théorie du noyau nous insistons sur l'intérêt que présentent les rayonnements γ mous, moins bien connus jusqu'ici et dont l'étude expérimentale serait peut-être facilitée par l'accélération des rayons β de conversion interne qui leur correspondent.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur la complexité des bandes d'absorption infrarouges* (OH). Note de MM. **Pierre Barchewitz** et **René Freymann**, présentée par M. Aimé Cotton.

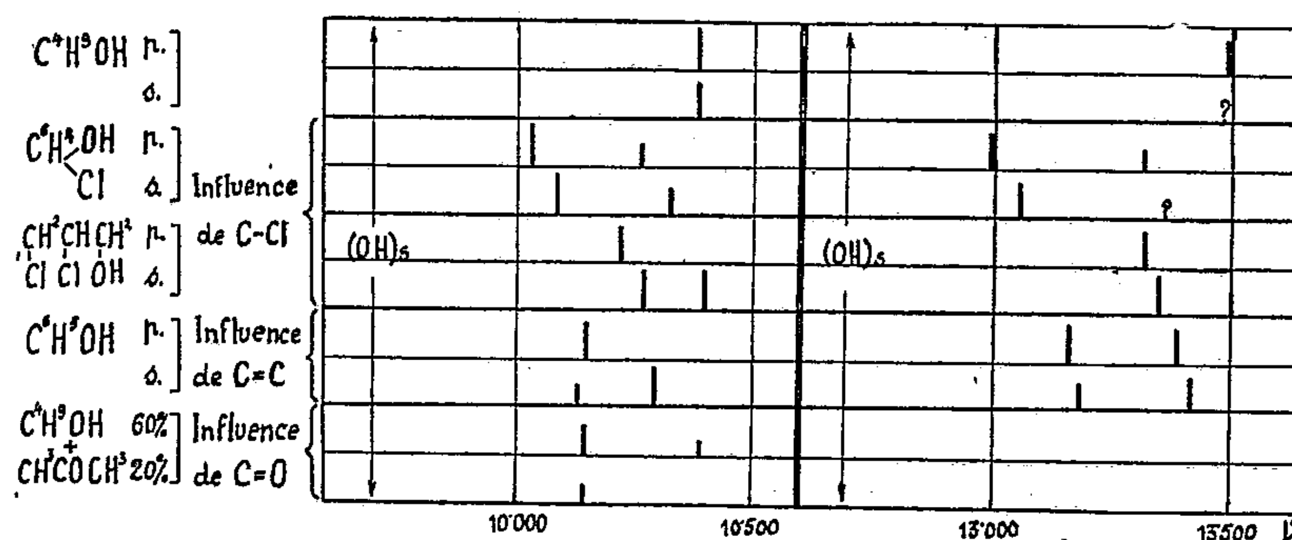
Divers travaux récents (¹) ont déjà montré que la présence du groupement oxhydrile dans une molécule se caractérise par l'existence d'*au moins deux*

(¹) P. Barchewitz, *Comptes rendus*, 203, 1936, p. 1244, et 204, 1937, p. 1184; J. Errera et P. Mollet, *ibid.*, 204, 1937, p. 259; Fox et Martin, *Nature*, 139, 1937, p. 507; R. Freymann, *Comptes rendus*, 204, 1937, p. 1063.

bandes d'absorption infrarouges (OH), dont les bandes fondamentales se trouvent respectivement vers 3600 cm^{-1} [$(OH)_p$, étroite, dont l'intensité augmente avec la température ou par dilution] et vers 3400 cm^{-1} [$(OH)_s$, très large, dont l'intensité diminue quand la température s'élève ou quand on dilue].

Nous nous proposons ici : 1° de souligner que *la bande* $(OH)_p$ *est elle-même complexe* et qu'un dédoublement se précise dans certaines conditions; 2° *de relier le déplacement de ces bandes* $(OH)_p$ *au moment polaire de groupements substitués voisins*. Nous utiliserons dans ce but les renseignements fournis par les régions $1^\mu,2$-$0^\mu,8$ et $0^\mu,97$-$0^\mu,6$, étudiées respectivement par chacun de nous (²).

I. COMPLEXITÉ DES BANDES $(OH)_p$ (figure). — A. *Dédoublement par influence du*



$(OH)_s$ indique que la position approximative de la large bande dont l fondamental est vers 3400 cm^{-1}.
p = substance pure; s = solution N.

groupement C—Cl, C—Br *ou* C—I *placé en* α. — En accord avec les résultats de Wulf et Liddel (³) relatifs au premier harmonique, les deuxième et troisième harmoniques présentent, pour l'orthochlorophénol ou l'orthobromophénol, deux bandes $(OH)_p$ [formes *cis* et *trans* d'après Pauling (³)]. Ce dédoublement se manifeste également dans les chlorhydrines $\begin{matrix}CH^2CHCH^2\\ Cl\ \ Cl\ \ OH\end{matrix}$ et $\begin{matrix}CH\,CH\,CH^2\\ Cl^2\,OH\end{matrix}$; toutefois, si la bande (*cis*), située vers les grandes longueurs d'onde, est très intense pour la substance pure, l'autre bande (*trans*) ne s'observe qu'en solution diluée, ce qui montre l'influence des associations moléculaires sur l'intensité de la bande. D'après ce qui précède, le dédouble-

(²) R. FREYMANN, *Ann. Phys.*, 20, 1933, p. 243; P. BARCHEWITZ et NAHERNIAC, *Comptes rendus*, 203, 1936, p. 715.

(³) O. WULF et U. LIDDEL, *J. Amer. Chem. Soc.*, 57, 1935, p. 1464; L. PAULING, *ibid.*, 58, 1936, p. 94.

ment de $(OH)_v$ sous l'influence d'un groupement voisin C—Cl, C—Br ou C—I, placé en α, est un phénomène intramoléculaire tout à fait général.

B. *Dédoublement par influence du groupement* (C = C). — Contrairement aux résultats de Wulf et Liddel, un dédoublement se produit également pour le phénol, le parachlorophénol, etc. : la bande la plus intense (*trans*), est, ici, située vers les courtes longueurs d'onde; l'autre bande disparaît par dilution dans CCl^4; elle est due vraisemblablement à l'influence des groupements (C = C) (intermoléculaire?).

C. *Dédoublement par influence du groupement* (C = O). — En introduisant des quantités croissantes d'acétone dans l'alcool éthylique ou butylique, la bande de $0^\mu,9631$ disparaît [5] et l'on voit une nouvelle bande vers $0^\mu,987$. Pour une concentration donnée, cette bande disparaît également lorsque la température s'abaisse à — 72°C.; elle ne saurait donc être confondue avec $(OH)_s$ qui a le comportement inverse. L'existence de trois bandes $(OH)_s$, $(OH)_v^{cis}$ et $(OH)_v^{trans}$ [4] permet d'expliquer le désaccord apparent entre les observations de l'un de nous [5] et celles de Gordy [6] : dans l'alcool pur, on note $(OH)_s$ et $(OH)_v^{trans}$; par dilution dans l'acétone, ces bandes disparaissent et $(OH)_v^{cis}$ apparaît.

Signalons que l'acide acétique présente une bande vers $0^\mu,989$ dont l'intensité croît avec la température; cette observation est à rapprocher de celles de Sannié et Poremski [7] pour (C = O).

En résumé, *la présence au voisinage de l'oscillateur* (OH), *de groupements tels que* C — Cl, C — Br, C — I, C = C, C = O, *permet de préciser l'existence de deux bandes* $(OH)_v$, par suite d'influences intra ou intermoléculaires.

Le fait qu'un tel dédoublement ne se produit pas pour les groupements (CH) ou (NH) semble montrer que les anomalies que présente le groupement oxhydrile sont liées à la libre rotation de la liaison O — H; la possibilité de diverses orientations dans l'espace se traduit par la présence des deux bandes, plus ou moins bien définies, suivant que la quantification est plus ou moins parfaite.

II. Bandes $(OH)_v$ et moments polaires. — Nous avons montré précédemment [8] sur de nombreux exemples qu'en introduisant dans une molécule

---

(4) Sous réserve de confirmations ultérieures, nous conservons la notation cis et trans de Pauling pour désigner les deux bandes $(OH)_v$; la forme trans, vers les courtes longueurs d'onde, serait particulièrement sensible aux associations moléculaires; la forme cis, vers les grandes longueurs d'onde, est moins sensible aux associations, surtout si un groupement C — Cl est voisin.

(5) R. Freymann, *Comptes rendus*, 204, 1937, p. 41.

(6) W. Gordy, *Phys. Rev.*, 50, 1936, p. 1151.

(7) C. Sannié et V. Poremski, *Bull. Soc. Chim.*, 4, 1937, p. 880.

(8) R. Freymann, *Ann. Phys.*, 20, 1933, p. 243; P. Barchewitz, *Comptes rendus*, 204, 1937, p. 677.

divers substituants voisins d'oscillateurs (CH) ou (NH), le déplacement de ces bandes est lié au moment électrique des substituants perturbateurs. Il est vraisemblable que le même effet doit se produire pour les bandes $(OH)_v$. Nos résultats (qui seront décrits ultérieurement d'une façon détaillée) montrent effectivement des déplacements sous l'influence des groupements C — Cl, C — Br, C — I, C = C, C = O, ...; toutefois, les déplacements ont lieu ici vers les grandes longueurs d'onde.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Cémentation du nickel par le glucinium.* Note de M. **Joseph Laissus**, présentée par M. Léon Guillet.

Faisant suite à mes recherches antérieures, notamment sur la cémentation du fer par le glucinium (¹), j'ai étudié, en me plaçant dans des conditions identiques, la diffusion de ce dernier élément dans le nickel pur.

Les expériences que j'ai réalisées dans ce but m'ont permis de mettre en évidence les résultats suivants :

1° *Au point de vue du diagramme des alliages nickel-glucinium.* — L'examen au microscope de la structure des couches cémentées obtenues par diffusion du glucinium dans des échantillons de nickel pur, diffusion opérée dans des conditions variables de temps et de température, a confirmé le diagramme des alliages nickel-glucinium établi par Masing et Dahl (²).

2° *Au point de vue du mécanisme de la diffusion.* — La cémentation du nickel par le glucinium se traduit par un mécanisme analogue à celui décrit pour le fer pur cémenté par ce même élément (³), à cette différence près cependant que, dans le cas du nickel, la pénétration en profondeur est moins importante.

Ce mécanisme de diffusion montre la formation successive des constituants suivants, constituants d'ailleurs prévus par le diagramme d'équilibre nickel-glucinium :

(¹) *Comptes rendus*, 199, 1934, p. 1408.

(²) *Wiss. Veroff. Siemens-Konzern*, 8, 1929, p. 211.

(³) Communication au *Congrès International des Mines, de la Métallurgie et de la Géologie appliquée*, Paris, octobre 1935, Section Métallurgie, vol. 1, p. 219-222.

a. Zone de solution solide (Ni-Gl) et zone hypoeutectique;
b. Zone eutectique (solution solide-combinaison (Ni-Gl);
c. Zone hypereutectique et zone de combinaison (Ni-Gl).

3° *Au point de vue de l'influence de la température et du temps.* — La formation des différents constituants, caractérisant le phénomène de cémentation est nettement influencée par la température et le temps de chauffage. Lorsque la température augmente, on note, en effet, une variation très sensible de la vitesse de diffusion en profondeur. D'autre part, l'influence du temps semble moins accentuée : la variation de l'épaisseur des couches cémentées est sensiblement proportionnelle à la durée de l'opération surtout pour les basses températures.

Le tableau ci-dessous résume les principaux résultats obtenus caractérisant l'influence de ces deux facteurs.

Température de chauffage.	Épaisseur moyenne en millimètre des zones cémentées obtenue par diffusion de glucinium dans du nickel pur, pour des durées d'opération de :		
	2 h. 30 min.	5 h.	10 h.
800°	0,005	0,025	0,050
900	0,065	0,090	0,125
1000	0,130	0,170	0,225
1100	0,200	0,250	0,400
1150	>3,000	≧4,000	>4,000

4° *Au point de vue de la dureté superficielle des échantillons de nickel cémenté.* — Du fait de la cémentation par le glucinium, la dureté superficielle du nickel atteint des valeurs très importantes; celle-ci peut en effet, passer de 84, dureté Brinell du nickel recuit ayant servi aux expériences, à 568, dureté Brinell déterminée sur des échantillons cémentés à 1150° pendant 10 heures. Cette élévation de dureté est caractéristique de la cémentation par le glucinium : j'ai en effet, précédemment montré, que la fonte grise cémentée par cet élément pouvait présenter une dureté Brinell superficielle de 1561, dureté que l'on peut considérer comme l'une des plus élevées déterminée sur produits métallurgiques ([1]).

Dureté Brinell Vickers obtenue sur nickel cémenté par le glucinium pendant 10 heures à différentes températures.

Témoin ou température.	Charges de détermination : 10 kg.	30 kg.	50 kg.
Nickel recuit non cémenté.	–	–	84
800°	100	100	–
900	173	102	–
1000	260	200	180
1100	276	300	290
1150	568	564	564

Le tableau ci-dessus donne quelques chiffres de dureté Brinell montrant la variation de cette caractéristique en fonction de la température et de la profondeur de cémentation.

CINÉTIQUE CHIMIQUE. — *Combustion hétérogène des mélanges d'oxyde de carbone, d'hydrogène et d'oxygène sur une surface vitreuse.* Note de M. **Marcel Prettre.**

Nos études concernant l'activité catalytique des verres maintenus entre 500 et 600° C., vis-à-vis des mélanges oxhydriques (¹) et des mélanges d'oxyde de carbone et d'oxygène (²) ont été étendues au système ternaire CO-H^2-O^2 et ont fourni les résultats suivants.

Une addition même extrêmement faible d'hydrogène à un mélange d'oxyde de carbone et d'oxygène, accroît fortement la vitesse de l'oxydation globale. Quant la teneur en hydrogène devient notable et que le mélange contient assez de comburant pour oxyder complètement le combustible, la réaction satisfait à une relation cinétique très simple. Dans ces conditions, au cours d'une expérience en récipient clos isotherme, la vitesse d'oxydation varie linéairement en fonction de la quantité de combustible non encore oxydé. A chaque instant de la transformation, les vitesses obtenues pour divers mélanges sont entre elles dans le rapport des quantités d'hydrogène contenues initialement dans ces mélanges. Ces conclusions sont mises en évidence par le tableau suivant, où sont portées les vitesses observées à différents moments de la combustion de mélanges contenant un

(¹) *Mémorial des Poudres*, **27**, 1936, p. 115.
(²) *Comptes rendus*, **204**, 1937, p. 775.

volume donné d'hydrogène et des quantités variables des deux autres réactifs. Le récipient de combustion est en verre pyrex et maintenu à 580°.

Pressions initiales des réactifs			Vitesses d'oxydation (mm. Hg par minute). — Fractions des réactifs transformés						
H^2.	CO.	O^2.	1/8.	1/4.	3/8.	1/2.	5/8.	3/4.	7/8.
107,4	0	153,1	(0,60)	0,45	0,38	(0,31)	(0,24)	(0,21)	(0,19)
99,3	102,9	106,7	(0,58)	0,44	0,36	0,28	0,22	0,14	0,08
98,6	202,8	158,8	(0,61)	0,44	0,37	0,28	0,21	0,14	0,07
105,1	137,9	365,1	(0,60)	0,44	0,36	0,28	0,21	0,15	0,07
203,6	0	111,2	1,06	0,90	0,78	(0,66)	(0,60)	(0,54)	(0,50)
197,7	100,7	153,1	1,16	0,91	0,74	0,60	0,47	(0,35)	(0,27)
226,8	203,2	201,7	1,09	0,91	0,79	0,63	0,49	(0,37)	(0,30)
302,0	9	150,4	1,55	1,35	1,18	(1,06)	(0,96)	(0,88)	(0,81)
317,0	100,1	202,4	1,63	1,42	1,17	0,95	(0,79)	(0,71)	(0,64)
300,8	198,1	264,9	1,57	1,34	1,13	0,89	0,68	0,47	(0,37)

Les mesures de vitesses fournies par la diminution de pression dans le récipient sont faussées au début de chaque expérience par une adsorption lente d'hydrogène et en fin d'expérience par l'adsorption lente de vapeur d'eau. Les résultats entachés d'une de ces causes d'erreur sont placés entre parenthèses. Il est aisé de mesurer la vitesse de ces adsorptions ([3]) et de déduire des mesures cinétiques globales la vitesse du seul phénomène de combustion. La relation linéaire apparaît immédiatement durant tout le cours de chaque expérience.

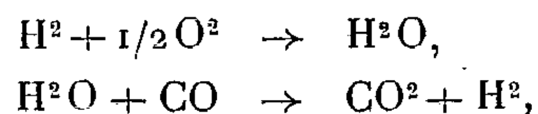
En l'absence d'oxyde de carbone, il est maintenant bien établi par les travaux de Bone et Wheeler ([4]), ceux d'Hinshelwood ([5]) et les miens ([1]) que l'oxydation catalytique de l'hydrogène au contact des surfaces vitreuses se produit à une vitesse proportionnelle à la pression d'hydrogène (H^2) et indépendante de la pression d'oxygène; cette vitesse W satisfait donc à l'équation du premier ordre

$$W = k(H^2). \tag{1}$$

Les résultats précédents montrent que la vitesse de réaction de la grande majorité des mélanges d'hydrogène, d'oxyde de carbone et d'oxygène est indépendante des pressions de ces deux derniers réactifs et ne varie

([3]) PRETTRE, *J. Chim. Phys.*, **33**, 1936, p. 189.
([4]) *Phil. Trans. Roy. Soc.*, A, **206**, 1905, p. 1.
([5]) *Proc. Roy. Soc.*, A, **119**, 1928, p. 591; **130**, 1931, p. 640; **134**, 1931, p. 1.

qu'avec la pression initiale d'hydrogène. Ceci tend à prouver que de tels mélanges satisfont, comme les mélanges oxhydriques purs, à la loi précédente durant tout le cours de la transformation. Celle-ci ne peut alors qu'être le résultat des réactions :



$$H^2 + 1/2\,O^2 \rightarrow H^2O,$$
$$H^2O + CO \rightarrow CO^2 + H^2,$$

la seconde réaction étant plus rapide que la première qui régit seule la vitesse d'oxydation du système. Dans cette hypothèse, les mélanges de vapeur d'eau, d'oxyde de carbone et d'oxygène doivent s'oxyder à la même vitesse que les mélanges correspondants où la vapeur d'eau est remplacée par un volume égal d'hydrogène. L'expérience confirme cette manière de voir et il est permis de conclure que *la combustion hétérogène de la plupart des mélanges d'hydrogène, d'oxyde de carbone et d'oxygène est uniquement régie par la vitesse d'oxydation de l'hydrogène.*

De nombreux phénomènes de combustion explosive du même système $H^2 - CO - O^2$ sont également justiciables des lois valables pour les mélanges oxhydriques purs ([6]). C'est aussi le cas pour les températures d'inflammation spontanée ([7]). Les travaux résumés dans la présente Note confirment la généralité de cette prééminence de l'hydrogène, qui reste encore à vérifier pour les processus d'oxydation lente homogène (réactions en chaînes) des mêmes mélanges.

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur les phosphites d'uranyle.* Note de MM. **André Chrétien** et **Jean Kraft**, présentée par M. Georges Urbain.

Ce travail fait partie d'une étude d'ensemble qui se propose, à l'aide de techniques modernes, de contrôler, étendre ou renouveler nos connaissances sur certains sels minéraux d'acides usuels, délaissés en raison de difficultés de manipulations ou d'analyses.

Les indications bibliographiques sur les phosphites d'uranyle se réduisent à quatre composés doubles : un produit vert, signalé en 1867 par Rammelsberg qui lui attribue la formule $(PO^3)^4\,(UO^2)^3\,H^6$, $12\,H^2O$ ou PO^3H^3,

([6]) Voir, à ce sujet, Prettre, *L'inflammation et la combustion explosive en milieu gazeux*, 2 vol., Paris (1933-1934).

([7]) Prettre, *Mémorial des Poudres*, 25, 1934, p. 531.

$3PO^3H(UO^2)$ et trois sels jaunes $PO^3H(UO^2)$, PO^3HM^2 ($M = K$, NH^4 ou Na), préparés par Rosenheim et Gläser en 1925. Aucun sel simple n'a été signalé.

1° Nous avons mis en évidence, par des mesures de conductibilité électrique, la formation d'un phosphite simple renfermant un groupement (PO^3) pour un groupement (UO^2), donc le phosphite neutre d'uranyle.

On suit la variation de résistance d'une solution d'acide phosphoreux par addition progressive d'une solution d'acétate d'uranyle, ou celle d'une solution d'acétate d'uranyle par addition d'une solution d'acide phosphoreux. La courbe obtenue présente toujours un seul point singulier, marqué par un maximum, arrondi dans le premier cas, aigu dans le second, qui correspond à l'addition de 1 mol/g d'acide phosphoreux à 1 mol/g d'acétate d'uranyle.

Le phosphite neutre d'uranyle, ainsi caractérisé, est un précipité jaune clair, gélatineux, qui se dépose lentement, passe à travers les filtres usuels, est difficile à laver. Après plusieurs centrifugations à très grande vitesse et lavages successifs à l'eau, on sépare un produit pur qui est séché à 15° dans un récipient à chlorure de calcium, relié à une trompe à eau en activité.

Le phosphore et l'uranium sont dosés séparément (phosphate ammoniaco-magnésien et oxyde salin U^3O^8). Les nombreuses analyses faites donnent pour le rapport UO^2/PO^3 des nombres se groupant autour de 3,41, nombre correspondant à la formule $PO^3H(UO^2)$ (les nombres extrêmes obtenus sont 3,37 et 3,75). Le résultat n'est pas modifié si l'on analyse le produit formé dès le début de la précipitation au lieu d'analyser le produit à la fin.

Le phosphite neutre d'uranyle précipite hydraté. L'eau de cristallisation se détermine facilement par étuvage de l'hydrate sec à 170°. La formule est $PO^3H(UO^2), 2H^2O$.

Si les deux réactifs (acide phosphoreux et acétate d'uranyle) sont mélangés rapidement, le phosphite neutre d'uranyle forme une masse gommeuse, translucide et élastique. Cette masse devient dure, cassante et opaque, rapidement à l'air, plus lentement au contact de la solution, par suite de la cristallisation.

Le phosphite neutre d'uranyle dihydraté obtenu comme précipité gélatineux en mélangeant très lentement les deux réactifs, séché, cristallise très lentement.

2° Une solution aqueuse renfermant de l'acétate d'uranyle et un excès d'acide phosphoreux abandonne un précipité vert à la lumière solaire, et l'analyse du précipité donne un nombre variant de 3,4 à 1,7 pour le

rapport UO^2/PO^3, suivant l'échantillon considéré. Ce précipité est donc un mélange.

Une solution de phosphite neutre d'uranyle dans l'acide phosphoreux soumis au rayonnement d'une lampe à vapeur de mercure donne un précipité vert se déposant bien, dont la composition est constante. L'analyse donne toujours un nombre très voisin de 1,7 pour le rapport UO^2/PO^3.

Le précipité vert, mélange ou corps pur, donne, dans les acides chlorhydriques une solution verte, qui ne renferme pas d'ion PO^{4----} et devient jaune par action d'un oxydant (H^2O^2, MnO^4K, NO^3H). D'autre part, la somme $UO^2 + PO^3$ est supérieure à la masse de substance anhydre mise en œuvre, si l'on part du produit vert pur, alors que la somme $U + PO^3$ lui est sensiblement égale.

Ces faits s'accordent pour montrer que le précipité vert est du phosphite d'uranium tétravalent mélangé à du phosphite neutre d'uranyle. Ce mélange se fractionne facilement par lavages avec une solution chlorhydrique (1 à 5); on aboutit à un résidu de phosphite neutre d'uranium 4; ($U/PO^3 = 1,51$).

En résumé, l'action d'une solution d'acétate d'uranyle sur l'acide phosphoreux donne uniquement le phosphite neutre d'uranyle dihydraté $PO^3H(UO^2), 2H^2O$, composé nouveau, soluble dans l'acide phosphoreux. Le sel acide d'uranyle n'apparaît jamais dans le cas de l'acide phosphoreux contrairement au cas de l'acide orthophosphorique ([1]) et de l'acide orthoarsénique ([2]).

Par action photochimique, le phosphite neutre d'uranyle est réduit rapidement en phosphite neutre d'uranium tétravalent, en présence d'acide phosphoreux qui s'oxyde en acide phosphorique. Réaction remarquable puisque l'oxydation de l'acide phosphoreux est généralement considérée comme difficile, même par les oxydants énergiques.

Aloy et ses collaborateurs ([3]) avaient montré antérieurement que les sels d'uranyle sont réduits à la lumière en sel d'uranium 4, en solution acide et en présence de corps organiques divers. Ces auteurs considéraient la présence de ces deux constituants comme nécessaire. Nous avons montré que la réaction est possible en l'absence de corps organique; l'accepteur d'oxygène est l'acide minéral en excès lui-même.

([1]) ANDRÉ CHRÉTIEN et JEAN KRAFT, *Bull. Soc. Chim.*, 5e série, 3, 1936, p. 1262.

([2]) JEAN KRAFT, *Bull. Soc. Chim.*, 5e série, 4, 1937, p. 622.

([3]) J. ALOY et E. RODIER, *Bull. Soc. Chim.*, 4e série, 31, 1922, p. 246; J. ALOY et A. VALDIGUIE, *Bull. Soc. Chim.*, 4e série, 37, 1925, p. 1136.

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur la précipitation, à froid, d'un sel cuivrique par un carbonate alcalin.* Note de M[lle] **Suzanne Hémar**, présentée par M. Georges Urbain.

Nous avons déterminé la nature du précipité obtenu en faisant réagir un sel de cuivre sur un carbonate alcalin en solution aqueuse.

I. *Nature du précipité au moment de sa formation.* — Nous avons mélangé des solutions de concentrations inférieures ou égales à la normale, deux à deux équivalentes, de sels cuivriques [Cl^2Cu, SO^4Cu ou $(NO^3)^2Cu$] et de carbonate ou bicarbonate de sodium ou de potassium (1) dans des proportions telles que les quantités de sel cuivrique soient au plus égales à celles du carbonate alcalin.

Les précipités obtenus, amorphes aux rayons X, ont été jetés sur filtre aussi rapidement que possible après le mélange des solutions, lavés sur filtre, essorés et analysés.

Dans les limites de nos expériences, la nature du précipité est indépendante du sel de cuivre utilisé, mais elle varie selon les concentrations des solutions et suivant que l'on emploie un bicarbonate ou un carbonate neutre.

a. Avec les bicarbonates (Na ou K) le précipité est un composé défini qui répond à l'une des formules

(1) $3CO^3Cu.2CuOx_1H^2O$ (solutions : 0,05 et 0,125 n),

(2) $3CO^3Cu.\ CuOx_2H^2O$ (solutions : 0,25-0,4-0,5-1 n).

b. Avec les carbonates neutres (Na ou K) le précipité est tantôt un composé défini tantôt un mélange. C'est un composé défini quand le rapport moléculaire du sel cuivrique au carbonate alcalin est égal ou supérieur à 0,6, il répond à l'une des formules

(3) $3CO^3Cu.5CuOy_1H^2O$ (solutions : 0,025-0,05 n),

(4) $CO^3Cu.\ CuOy_2H^2O$ (solutions : 0,125-0,5 et 1 n).

II. *Nature du précipité après évolution au sein des eaux-mères :*

1° *Dans les conditions ordinaires de température et de pression.* — *a.* Avec les bicarbonates (Na ou K), le précipité primitif se transforme généralement en $CO^3Cu.CuO,\ 1,5H^2O$ (malachite). Suivant la concentration

(1) La solution cuivrique était toujours versée dans la solution alcaline.

des solutions et les proportions relatives des sels mis en présence la transformation se fait soit directement, soit par l'intermédiaire du carbonate double $CO^3Cu.CO^3Na^2, 3H^2O$ (avec CO^3NaH) ou $5CO^3Cu.CuO.CO^3K^2, 12H^2O$ (avec CO^3KH). Dans certain cas, ce dernier sel tend à évoluer vers la forme azurite ($2CO^3Cu.CuO, 1,5H^2O$).

b. Avec les carbonates neutres (Na ou K) le précipité de première formation se transforme soit en oxyde de cuivre, soit en malachite, soit en CO^3Cu, CO^3M^2, nH^2O. Dans le cas du sel de potassium ce dernier est instable en solution et se transforme en oxyde ou en malachite.

2° *Sous une pression de gaz carbonique de* 50^{atm}. — Le terme de l'évolution est généralement l'azurite ($2CO^3Cu.CuO, 1,5H^2O$).

a. Avec les bicarbonates de sodium ou de potassium et le carbonate neutre de potassium, l'évolution se fait par l'intermédiaire de la malachite ou du composé $5CO^3Cu.CuO.CO^3M^2, 12H^2O$ (²);

b. Avec le carbonate de sodium, l'évolution se fait par l'intermédiaire de la malachite, du sel $CO^3Cu.CO^3Na^2, 3H^2O$ ou encore du carbonate $5CO^3Cu.CuO.CO^3Na^2, 12H^2O$.

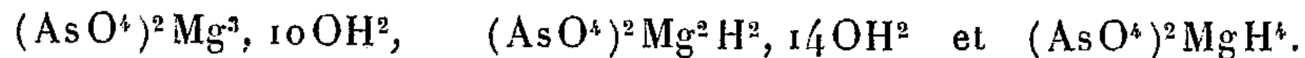
CHIMIE MINÉRALE. — *Sur les arséniates de magnésium.* Note de M. **Henri Guérin**, présentée par M. Paul Lebeau.

Étant donné, d'une part, l'importance du pyroarséniate de magnésium en analyse, d'autre part, l'absence d'indications sur la stabilité, vis-à-vis de la chaleur, des différents arséniates de magnésium, nous avons pensé qu'il était intéressant d'effectuer sur ces sels une étude analogue à celle que nous avons exécutée précédemment sur les arséniates alcalino-terreux (¹).

Par application des procédés que nous avons utilisés pour obtenir des arséniates alcalino-terreux à l'état de pureté (²), nous avons réussi à préparer les sels

$$(AsO^4)^2Mg^3, 10OH^2, \quad (AsO^4)^2Mg^2H^2, 14OH^2 \quad \text{et} \quad (AsO^4)^2MgH^4.$$

La déshydratation de ces composés, qui conduit respectivement à l'orthoarséniate trimagnésien anhydre, au pyroarséniate de magnésium et



(²) Le sel de sodium $5CO^3Cu.CuO — CO^3Na^2, 12H^2O$ n'a pas encore été signalé jusqu'à présent.

(¹) *Comptes rendus*, 201, 1935, p. 1133, et 202, 1936, p. 225.
(²) *Thèse de Doctorat ès sciences*, Paris, 1937.

au métaarséniate de magnésium, a permis de caractériser les hydrates ci-dessous :

orthoarséniates trimagnésiens à 6, 5, 3, 2 et 1 OH^2.

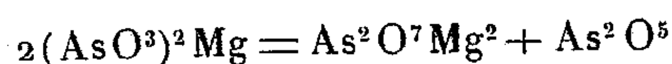
orthoarséniates bimagnésiens à 4, 3, 2 et 1 OH^2.

Les sels suivants : arséniate trimagnésien anhydre, pyroarséniate et métaarséniates de magnésium ont été chauffés dans le vide, par paliers de 1 heure de 100° en 100°, entre 400° et 1200°.

La décomposition de ces trois arséniates se manifeste par l'apparition d'un anneau blanc d'anhydride arsénieux et d'un dégagement d'oxygène, aux températures respectives de 500, 900 et 1000°.

Des chauffes prolongées, à des températures suffisamment rapprochées, ont été effectuées, afin de préciser celles qui correspondent au début de pyrolyse; la nature des composés formés ayant en outre été établie, nous pouvons formuler les conclusions suivantes :

La décomposition du métaarséniate de magnésium, décelable dès 500°, ne s'opère pratiquement qu'au-dessus de 600°. Jusqu'à 800° elle fournit du pyroarséniate de magnésium, conformément à l'équation



$$2(AsO^3)^2Mg = As^2O^7Mg^2 + As^2O^5$$

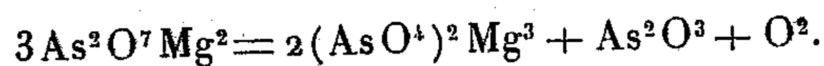
avec



$$As^2O^5 = As^2O^3 + O^2.$$

La proportion d'anhydride arsénieux est d'autant plus grande que la température est plus élevée.

Le pyroarséniate de magnésium, stable jusqu'à 800°, se transforme rapidement en orthoarséniate trimagnésien dès 900° :



$$3As^2O^7Mg^2 = 2(AsO^4)^2Mg^3 + As^2O^3 + O^2.$$

La décomposition de ce dernier sel, qui ne se manifeste qu'à partir de 1100°, peut s'exprimer par l'équation



$$(AsO^4)^2Mg^3 = 3\,OMg + As^2O^3 + O^2.$$

En résumé, l'orthoarséniate trimagnésien fournit, dès 1100°, de la magnésie, de l'anhydride arsénieux et de l'oxygène, alors que les orthoarséniates alcalino-terreux tribasiques sont parfaitement stables jusqu'à leurs points de fusion situés entre 1455° et 1635° (³). La pyrolyse des pyro et des métaarséniates de magnésium rappelle en tous points celle des pyro et des métaarséniates alcalino-terreux.

(³) H. Guérin, *Comptes rendus*, 203, 1936, p. 997.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur l'halogénure de pentaméthylmagnésium.* Note de MM. **H. Clément** et **J. Savard**, présentée par M. Jean Perrin.

Les faibles rendements obtenus par l'un de nous (1), en préparant la pentaméthylacétophénone et l'aldéhyde pentaméthylbenzoïque par action de l'acétate et du formiate d'éthyle sur le bromure de pentaméthylphénylmagnésium, sont dûs à une formation incomplète de ce dernier par la méthode d'entraînement (2). La décomposition de la solution éthérée contenant le magnésien du pentaméthylbromobenzène et celui de l'entraîneur permet en effet d'isoler, à côté du pentaméthylbromobenzène attendu, un carbure mixte $(CH^3)^5C^6$-R, résultant de l'action d'un atome de magnésium sur une molécule d'entraîneur et une molécule de bromure de pentaméthylphényle, réaction comparable à celle de formation du diphényle ou du dibenzyle. Par contre nous n'avons pas constaté de formation de décaméthyldiphényle.

Nous avons ainsi préparé l'éthylpentaméthylbenzène, par action de l'iodure ou du bromure d'éthyle, et l'allylpentaméthylbenzène, par action du bromure d'allyle, avec des rendements de 40 à 50 pour 100. Le rendement de la formation du bromure de pentaméthylphénylmagnésium ne dépasse donc pas, dans ces deux cas, 60 à 50 pour 100.

Les deux carbures mixtes ci-dessus sont des corps blancs, bien cristallisés, peu solubles dans l'alcool froid. Le premier se sublime à 118°, et le deuxième à 128°.

Masses moléculaires par cryoscopie dans le benzène éthylpentaméthylbenzène, calculée 176, trouvée 177; allylpentaméthylbenzène, calculée 188, trouvée 189.

Analyses, éthylpentaméthylbenzène, C pour 100 calculé 88,64, trouvé 88,42; H pour 100 calculé 11,36, trouvé 11,44; allylpentaméthylbenzène, C pour 100 calculé 89,36, trouvé 89,17; H pour 100 calculé 10,64, trouvé 10,74.

Mais, si l'on emploie comme entraîneur le bromure de méthyle, on n'observe aucune formation de carbure mixte.

La présence de ce carbure au sein de la solution magnésienne rend très pénible la séparation à l'état pur des composés résultant de l'action ultérieure d'un groupement fonctionnel.

(1) *Comptes rendus*, 198, 1934, p. 625.

(2) *Comptes rendus*, 202, 1936, p. 425.

Action de l'acétone. — Celle-ci réagit énergiquement sur le bromure de pentaméthylphénylmagnésium. Le carbinol tertiaire attendu se déshydratant facilement, la décomposition du complexe magnésien ainsi que la concentration des solutions alcooliques de cristallisation doivent être conduites avec précaution. Le carbinol brut obtenu est souvent souillé de 1,1-méthyl-pentaméthylphényl-éthylène. Parfois, on isole même uniquement ce carbure.

Le rendement en diméthyl-pentaméthylphénylcarbinol, calculé à partir du bromure de pentaméthylphénylmagnésium formé, ne dépasse pas 55 pour 100. La solution mère laisse toujours déposer, par concentration, une notable proportion de pentaméthylbenzène, montrant ainsi que l'action de l'acétone sur le complexe magnésien n'est jamais totale.

Le diméthyl-pentaméthylphénylcarbinol obtenu cristallise en paillettes blanches se sublimant à 134° avec décomposition.

Masse moléculaire par cryoscopie dans le benzène, calculée 206, trouvée 203. Analyse, C pour 100 calculé 81,55, trouvé 81,33; H pour 100 calculé 10,68, trouvé 10,79.

Le 1,1-méthyl-pentaméthylphényléthylène fut préparé par déshydratation du carbinol pur. Il est peu soluble dans l'alcool et cristallise en paillettes blanches se sublimant à 122°.

Masse moléculaire par cryoscopie dans le benzène, calculée 188, trouvée 187. Analyse, C pour 100 calculé 89,36, trouvé 89,63; H pour 100 calculé 10,64, trouvé 10,58.

Action de l'ester orthoformique. — Ce dernier ne réagit que faiblement, et à l'ébullition seulement, sur la solution magnésienne. On obtient l'aldéhyde pentaméthylbenzoïque, car la réaction s'arrête à la première phase. Cet aldéhyde a déjà été caractérisé par l'un de nous. Le rendement, calculé à partir du bromure de pentaméthylphénylmagnésium formé, ne dépasse pas 25 pour 100.

MINÉRALOGIE. — *Sur la déshydratation des houilles.*

Note (1) de M. **Louis Longchambon**, présentée par M. Charles Mauguin.

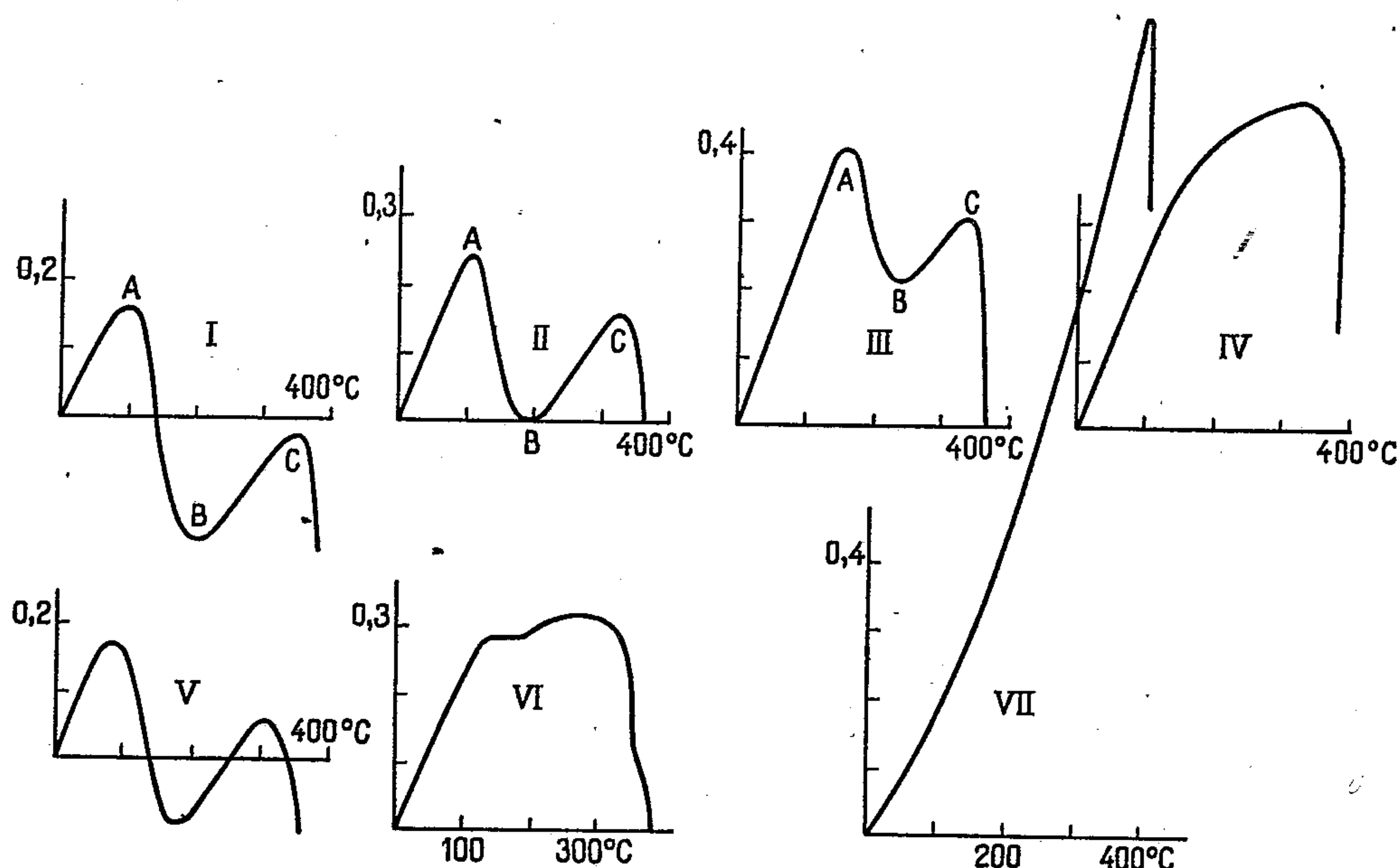
Nous avons montré les anomalies de dilatation que présentent les différentes sortes de houilles à des températures relativement basses (2). Ces

(1) Séance du 24 mai 1937.

(2) *Comptes rendus*, 204, 1934, p. 1487.

anomalies paraissaient pouvoir s'interpréter par une transformation allotropique ou par la simple fusion d'un des constituants de la houille. L'étude systématique dont nous présentons aujourd'hui les résultats apporte des éclaircissements sur ce point.

Les essais portent sur une houille du puits V de Merlebach (Houillères de Sarre-et-Moselle). Les morceaux de houille ont été conservés sous l'eau jusqu'au moment de leur utilisation. La courbe I est la courbe différentielle houille-pyros de ce charbon frais.



La courbe II est relative au même charbon après quatre jours d'exposition dans l'atmosphère du laboratoire.

La courbe III a été obtenue après deux mois de stockage des morceaux de houille à l'air libre. Ces trois courbes montrent un relèvement progressif des points A, B et C ainsi que la diminution du segment AB en fonction du stockage à l'air libre.

La courbe IV est celle du même charbon préalablement étuvé à 105° pendant six heures comme il est d'usage pour l'étude de l'oxydabilité des houilles. Cette courbe se place bien à la suite des courbes I, II et III et indique manifestement que la transformation amorcée par le stockage à l'air libre s'est amplifiée au cours de l'étuvage.

On sait qu'au cours du stockage et de l'étuvage d'une houille, il se pro-

duit simultanément une perte d'eau, de gaz carbonique, mais aussi une fixation d'oxygène, si bien que l'étude pondérale renseigne mal sur les transformations internes. La modification de la houille à laquelle les courbes de dilatation nous font assister est-elle due à la déshydratation, à l'oxydation ou à une transformation allotropique due à la seule élévation de la température?

Les essais suivants permettent de répondre à cette question.

La courbe V a été obtenue après un séjour de la houille dans l'eau à 100° pendant 48 heures. Cette température, comparable à celle de l'étuvage et maintenue plus longuement, n'a donné qu'un très léger déplacement des points A, B, C, mais cependant dans le sens voulu par l'élévation de température. Il est manifeste que la température de l'étuvage n'est pas la cause essentielle de la modification du charbon.

La courbe VI a été obtenue après 36 heures dans le vide sulfurique. L'effet obtenu est presque identique à celui de l'étuvage. Ici la température et l'oxydation sont hors de cause. Il ne peut être question que du départ d'un constituant volatil, et il nous a été facile de mettre en évidence la perte d'eau correspondante.

Enfin la courbe VI est relative au même charbon placé pendant 6 heures à 105° dans le vide sulfurique. Les points A et B sont confondus avec le point C.

Les anomalies assez surprenantes de la houille sont donc imputables à la constitution hydro-colloïdale de cette substance. Étudiées sur du charbon frais, elles permettent de suivre le vieillissement naturel ou artificiel de cet hydro-gel si particulier.

LITHOLOGIE. — *Sur quelques roches éruptives de la série basaltique de la Côte orientale du Groenland.* Note de M. **Helge G. Backlund.**

Les basaltes des plateaux du Groenland oriental, d'âge crétacique supérieur et tertiaire inférieur, au nord du Scoresbysund, ont été mises en place à trois reprises différentes : chacune de ces périodes d'éruption est séparée de la précédente par un intervalle d'érosion et de dislocation. La troisième seulement présente une tendance alcaline peu prononcée. Des roches acides liparitiques ont été trouvées par Nathorst au Hold with Hope et par Backlund et Malmquist au Cap Franklin. Elles se placent entre la première et la seconde phase. Certaines de ces roches sont grenues et ressemblent à des granites; elles sont faiblement alcalino-calciques, prépotassiques.

En 1933, j'ai eu l'occasion de constater à Drömbugten, sur la Côte sud-est de l'île de Traill (72°10' lat. N.), les vestiges d'énormes effusions dacitiques et liparitiques d'âge tertiaire; elles suivent les basaltes de la première phase. Des tufs bien stratifiés alternent avec les laves acides compactes. Au fond de la vallée, vers le Nord-Est, une roche granitique à grain aplitique traverse une coulée de basalte (de la seconde phase?). Le granite est donc plus jeune que le basalte et les dacites. Une partie des galets du Cap Simpson provient de cette série. Aucune tendance alcaline n'y a été constaté jusqu'à présent.

Vers l'Ouest, le long de la Côte, on voit des filons-couches de basalte devenant de plus en plus épais. On y distingue deux séries, une plus ancienne, fortement disloquée, et une plus jeune moins disloquée.

Au fond des vallées limitant le massif des monts Forchhammer et Johnstrup vers l'Est, à une distance d'environ 8^{km} de la Côte, on voit affleurer des granites grossiers. Leur composition minéralogique est très variée. Ils sont accompagnés de nombreuses pegmatites et de filons à grain fin. Ils traversent la péninsule vers la baie de Mountnorris en formant des crêtes aiguës et atteignent finalement le Cap Parry. Ces granites sont plus jeunes que les deux basaltes inférieurs.

Au contact du granite, le basalte est grossièrement ophitique avec des augites de plusieurs centimètres de diamètre. Les inclusions de roches basiques dans le granite présentent un faciès tout à fait curieux : elles sont formées d'une péridotite porphyritique très grossière. Elle contient une biotite d'un brun rougeâtre prononcé, une hornblende brune, deux espèces d'augite clinoédrique, de l'olivine arrondie en accumulations, du labrador en moindre quantité et beaucoup d'apatite. Tous les minéraux se pénètrent. La texture est franchement orbiculaire. Sous l'influence des actions tardives du granite cette roche s'est transformée en une hornblendite grossière à amphibole verte sans plagioclase visible.

Les basaltes de grande épaisseur renferment des intercalations sédimentaires, et le tout est imbibé par des roches granitiques de composition très variable, sans qu'on y puisse voir de perturbations tectoniques de quelque ampleur. Ce fait nous suggère l'idée que le granite est en grande partie formé aux dépens de sédiments psammitiques et pélitiques postdévoniens, les basaltes ayant fourni la chaleur.

Une émanation dont la source est encore inconnue a transformé par endroit aussi le basalte; sa teneur en silice diminue de 48-52 pour 100 à 38-42 pour 100. Ces roches ont pris ainsi un faciès alcalin, mais elles ne

deviennent pas franchement alcalines; des minéraux caractéristiques, comme par exemple la néphéline, y manquent totalement.

Les roches de ce groupe magmatique ne doivent pas être confondues avec les séries postcalédoniennes d'âge paléozoïque postdévonien ou infradévonien. Ces dernières affleurent en partie dans les mêmes régions, mais elles ont un caractère pétrographique différent; M. Henri Bütler en a établi la chronologie.

L'ensemble du volcanisme et du plutonisme postcalédoniens de la Côte orientale du Groenland au nord du Scoresbysund a donc beaucoup de parallélisme avec celui de l'Écosse nord-ouest.

BOTANIQUE. — Gentianothamnus, *genre nouveau de Gentianacées de Madagascar*. Note de M. **Henri Humbert**, présentée par M. Auguste Chevalier.

L'espèce pour laquelle nous établissons ce genre se singularise à première vue entre toutes les autres Gentianacées de Madagascar : c'est un bel *arbuste* de 2^m environ de hauteur, entièrement glabre, à feuillage persistant lauriforme, à fleurs rappelant celles de *Gentiana Pneumonanthe* L., mais légèrement zygomorphes par suite d'une faible torsion vers l'avant, et à corolle d'un rouge éclatant et luisant (rouge *cerise*). Elle n'a jusqu'ici été trouvée que trois fois, d'une part dans la sylve à Lichens du Tsaratanana, vers 2000^m d'altitude (H. Perrier de la Bâthie, n° 15323, janvier 1923), d'autre part dans la forêt des crêtes gneissiques, fréquemment nébuleuses et humides, du Beampingaratra, vers $1500\text{-}1550^m$ d'altitude, au sommet du Papanga (H. Humbert, n° 6353, novembre 1928) et au sommet de Bekoho (H. Humbert, n° 6449, novembre 1928). 1200^{km} séparent le Tsaratanana (nord de l'île) du Beampingaratra (sud-est). Les deux seuls individus vus dans le Beampingaratra sont identiques entre eux; ils se distinguent de ceux du Tsaratanana par de légères différences; vu la pénurie des spécimens il est difficile de décider s'il s'agit de races géographiques ou seulement de formes stationnelles.

De nouvelles localités jalonnant l'aire de cette Gentianacée seraient à rechercher sur les très rares sommets de 1500 à 2000^m d'altitude ayant encore conservé leur végétation sylvestre primitive, que les incendies ont presque partout anéantie. Avec tant d'autres espèces de cette formation qui fait transition entre la forêt ombrophile et la végétation en grande partie éricoïde des cimes rocheuses, cette remarquable Gentianacée serait appelée à

disparaître si des mesures de protection spéciale n'étaient prises à l'égard de territoires constitués en réserves naturelles.

Nous l'appellerons *Gentianothamnus madagascariensis*, nov. gen., nov. sp. Ses principaux caractères distinctifs sont les suivants :

Arbuste à feuilles opposées-décussées, sans stipules, brièvement pétiolées, les bases des pétioles étant unies deux à deux par une ligne transversale pourvue d'un sinus médian (ce sinus est prolongé vers le bas, le long de chaque entre-nœud, par deux côtes fines accolées alternant avec la paire de feuilles correspondante); limbe assez épais, entier, elliptique-lancéolé ou oblancéolé, aigu, mucronulé au sommet par la terminaison de la nervure médiane, celle-ci forte, seule bien distincte, très saillante en dessous (étroitement ailée des deux côtés), canaliculée en dessus. Cymes axillaires uniflores (pédoncule très faible portant deux petites bractées opposées lancéolées-aiguës, pliées-carénées, au niveau desquelles s'articule un pédicelle nu. Calice étroitement campanulé, quelque peu irrégulier, caréné par des expansions aliformes suivant la nervure médiane des sépales (ou de quelques-uns d'entre eux), à tube égalant à peu près la longueur des lobes, ceux-ci imbriqués au nombre de 5, parfois 6, lancéolés-aigus, un peu inégaux. Corolle légèrement succulente, à tube près de quatre fois plus long que large, trois ou quatre fois plus long que le calice, la portion du tube de la corolle incluse dans le calice étant peu rétrécie, sa portion externe s'élargissant légèrement vers la moitié supérieure tout en s'incurvant un peu vers l'avant comme toutes les autres parties de la fleur; lobes de la corolle (5, parfois 6), ovés-aigus, dressés, trois à quatre fois plus courts que le tube, à préfloraison tordue (vers la gauche). Étamines alternipétales (5 ou 6) insérées au 1/5e inférieur du tube de la corolle, dressées, un peu inégales (les antérieures, un peu plus longues, dépassant à peine les sinus des lobes de la corolle); anthères introrses, oblongues, obtuses aux deux extrémités, longuement sagittées (embrassant sur près de la moitié de leur longueur le haut du filet), à déhiscence longitudinale, à connectif très étroit se terminant en petit mucron apical; pollen à grains isolés, sphériques, gros ($16^{\mu},6$) pourvus de trois sillons méridiens munis chacun d'un pore germinatif médian (équatorial), à exine épaisse trés distincte de l'intine, ponctuée dans les secteurs séparant les sillons. Disque hypogyne en bourrelet annulaire court, obscurément subdivisé en cinq secteurs, ceinturé à sa base par une ligne de papilles glanduleuses serrées. Ovaire uniloculaire, lancéolé atténué en style dépassant un peu les étamines, mais non les lobes corollins, à stigmate peu distinct à peine fendu transversa-

lement; placentas pariétaux doubles de chaque côté, larges et fortement roulés en dedans, à ovules très nombreux insérés sur les bords et vers l'extérieur. Capsule lancéolée-aiguë à déhiscence septicide.

Dimensions. — Entre-nœuds de $5\text{-}20^{mm}$. Feuilles : pétiole de $2\text{-}4^{mm}$, limbe de $25\text{-}75^{mm}$ de long, $7\text{-}30^{mm}$ de large. Fleurs : pédicelle de $10\text{-}35^{mm}$; calice de 10^{mm} de long, 5^{mm} de large; corolle de $30\text{-}35^{mm}$ de long, $7\text{-}8^{mm}$ de diamètre à la base des lobes. Capsules de 12^{mm} de long, 6^{mm} de large.

L'anatomie confirme la position du genre dans la famille des Gentianacées par la présence d'arcs de liber interne dans la zone périmédullaire de la tige.

La disposition isolée des grains de pollen, leurs grandes dimensions, les détails de leur structure, et d'une façon générale l'ensemble des caractères de *Gentianothamnus*, placent nettement ce genre dans les Gentianées-Chironiinées, groupe ne comprenant jusqu'ici, suivant la classification de von Wettstein (*in* Engler et Prantl, Pfl. IV, 4), que les genres *Chironia* (Afrique et Madagascar) et *Orphium* (Afrique australe). *Gentianothamnus* se distingue de *Chironia* par la forme de la corolle, la présence d'un disque, etc.; de *Orphium* également par la forme de la corolle, le port général et divers autres caractères. Notre nouveau genre rappelle quelque peu par son port les *Tachia*, arbustes ou petits arbres d'Amérique du Sud, lesquels appartiennent toutefois à une autre sous-tribu (Tachiinées) et s'éloignent de lui par la forme de la corolle, les caractères des stigmates, l'ornementation du pollen.

ZOOLOGIE. — *Existence d'un monocnidome dans le médusoïde d'un polype* (Pennaria ? tiarella *McGr.*) *à tétracnidome*. Note [1] de M. **Robert Weill**, présentée par M. Maurice Caullery.

Mes recherches antérieures [2] ont montré que la composition du cnidome varie, chez certains Cnidaires, au cours et en fonction du cycle ontogénétique. Dans certains cas, l'une des catégories de nématocystes disparaît et est remplacée, à la phase suivante, par une catégorie nouvelle, différente (cas de *Campanularia* spec. et de *Pteroclava krempfi*);

---

(1) Séance du 31 mai 1937.

(2) *Bull. Soc. Zool. Fr.*, 51, 1926, p. 254; *Trav. Stat. zool. Wimereux*, 10-11, 1934; *Comptes rendus*, 203, 1936, p. 816.

le cnidome, quoique modifié dans sa composition par *substitution*, conserve donc sa valence. Dans d'autre cas (espèces des genres *Tubularia*, *Cladonema*, *Eleutheria*, *Gemmaria*, *Cyanea*, *Pelagia*, *Chrysaora*), les premières catégories de nématocystes apparues persistent durant tout le cycle, au cours duquel une ou plusieurs catégories nouvelles viennent s'y ajouter; la composition du cnidome se modifie ainsi, et sa valence augmente par *additions* successives.

Ces phénomènes, et en particulier le deuxième, semblaient d'une interprétation relativement facile; ils concordent, en effet, avec la complication anatomique progressive que montrent les développements ontogénétiques et avec celle que les sériations phylogénétiques permettent raisonnablement de déduire. Il en est autrement pour le cas présent.

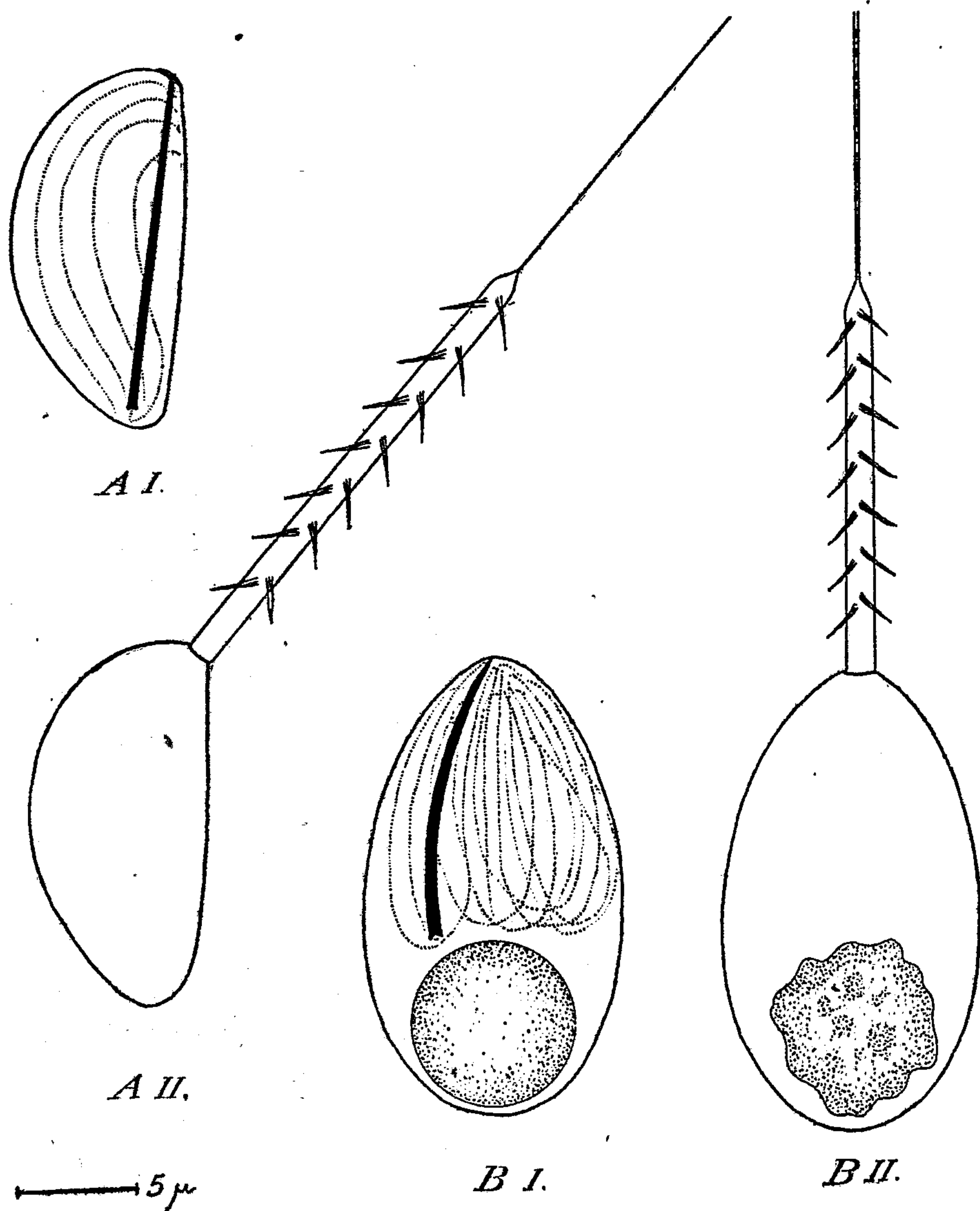
Il a trait à un Hydraire très commun aux Iles Bermudes, où il est connu sous le nom de *Pennaria tiarella* McGrady (Congdon 1907, Mayer 1910). Cependant les quatre catégories de nématocystes de ces polypes diffèrent, par leurs dimensions relatives et absolues, assez sensiblement de celles que j'avais mesurées chez les *P. tiarella* de Woods Hole, et il se peut que la forme bermudienne représente une variété ou une espèce distincte. Structuralement, ce sont : 1° des desmonèmes; 2° des haplonèmes très problablement atriches; 3° des mastigophores microbasiques, à capsule ovoïde renfermant une grosse sphère; 4° des sténotèles.

Des colonies récoltées à la marée ou en scaphandre se sont dégagés d'innombrables médusoïdes, des deux sexes; comme l'avaient déjà signalé C. W. Hargitt (1900) et G. T. Hargitt (1909) à Woods Hole, ils sont libérés tous ensemble à heure fixe, entre 19^h et 21^h, pondent aussitôt, et meurent après quelques heures au plus. Leur anatomie a fait l'objet de plusieurs descriptions, sur lesquelles il n'y a pas lieu de revenir.

Hazdi (1911) avait signalé que les médusoïdes de *P. cavolinii* sont dépourvus de nématocystes, et y voyait un argument en faveur de la théorie de Weismann contre celle de Goette. Quoiqu'il en soit, à la surface de l'exombrelle et dans les moignons tentaculaires se trouvent dispersés, ici, de très nombreux nématocystes. Ceux-ci appartiennent à une seule et même catégorie : ce sont tous des mastigophores microbasiques, mais qui diffèrent très nettement de ceux de l'hydraire par un ensemble de caractères que montrent bien les figures *A* et *B*.

Dans ce cas, par conséquent, s'est substitué au tétracnidome de l'hydraire une catégorie de nématocystes unique et nouvelle. Les monocnidomes que

j'avais observés [(2), (3)] antérieurement étaient tous, soit caractéristiques de l'état larvaire, soit constants durant tout le cycle et caractéristiques du



Pennaria ? tiarella Mc Gr. (Bermudes). Mastigophores microbasiques *A* du médusoïde, *B* de l'hydraire; I avant dévagination, II après dévagination. *In vivo.*

groupe. L'interprétation que j'avais cru pouvoir en proposer se heurte

(3) *Comptes rendus*, **182**, 1926, p. 1367; **203**, 1936, p. 1018; *Bull. Soc. Zool. Fr.*, **60**, 1935, p. 371.

maintenant à une difficulté nouvelle, puisque, dans le cas de *Pennaria*, le monocnidome est en fait, ontogénétiquement, d'acquisition secondaire. On pourrait vouloir rapprocher ce cas de ceux, très nombreux, où une certaine catégorie de nématocystes s'était montrée localisée, exclusivement, dans un organe déterminé d'un Cnidaire à polycnidome; mais cette hypothèse aurait une valeur explicative d'autant plus réduite, que l'assimilation du médusoïde à un organe de l'hydraire se heurterait à des objections très fondées. Peut-être trouvera-t-on ultérieurement d'autres espèces où le cnidome se modifie, au cours du cycle, à la fois par substitution et par diminution, et pourra-t-on alors proposer du cas présent, actuellement unique, une interprétation que provisoirement il semble préférable de réserver.

PHARMACODYNAMIE. — *Sur le mécanisme de la sensibilisation à l'acétylcholine.* Note de M. **Ernest Kahane** et Mlle **Jeanne Lévy**, présentée par M. Louis Lapicque.

L'énorme exaltation de la sensibilité du muscle de Sangsue énervé à l'acétylcholine sous l'influence de l'ésérine a été interprétée soit par l'action anti-estérasique de l'ésérine, soit par un effet de potentialisation vraie [1] (hypersensibilité cellulaire).

A l'appui de cette dernière interprétation, les arguments suivants avaient été produits : hypersensibilité du muscle de Sangsue ésériné à des substances non hydrolysables [2] (neurine, nicotine, Cl^2Ba, etc.); absence de sensibilisation du muscle de Sangsue par FNa, inhibiteur *in vivo* de l'estérase [1].

Pour essayer de préciser la part de l'effet antiestérasique dans le mécanisme de la sensibilisation du muscle de Sangsue, nous avons analysé l'action exercée par le fragment de muscle sur l'acétylcholine du bain dans lequel il est immergé. L'appauvrissement en acétylcholine résulte de deux phénomènes : l'hydrolyse par l'estérase qui diffuse de l'acétylcholine du bain; l'hydrolyse par les estérases tissulaires de l'acétylcholine qui

(1) G. Kahlson et B. Uvnas, *Skand. Archiv Physiol.*, 72, 1935, p. 215.

(2) Cet argument, reposant principalement sur des expériences de Fühner, a été récemment développé par J. Gautrelet, E. Corteggiani, A. Kaswin et A. Serfati, *C. R. Soc. Biol.*, 122, 1936, p. 377.

pénètre dans le muscle (dans les conditions de l'expérience, nous avons constaté que cette quantité est minime).

Quelle est l'importance relative de ces deux actions ? L'activité de l'estérase qui diffuse est peu importante; en présence du muscle de Sangsue énervé, il ne disparaît, en 15 minutes, que 50 pour 100 de la dose de 2 à 200 γ d'acétylcholine ajoutée à 20^{cm^3} de Ringer. Ce n'est donc pas en exerçant son action antiestérasique sur la décomposition de l'acétylcholine du bain et, par suite, en lui permettant d'arriver jusqu'aux tissus que l'ésérine provoque la sensibilisation exceptionnellement intense du muscle de Sangsue. Est-ce en inhibant les estérases tissulaires et en permettant à l'acétylcholine qui pénètre d'atteindre, à une concentration suffisante, les cellules sensibles ? Pour répondre à cette question, nous avons comparé l'activité du muscle de Sangsue normal et ésériné en prenant, comme il est d'usage, l'activité estérasique *in vitro* du tissu broyé comme une mesure de l'activité *in vivo* des estérases tissulaires. *Dans les conditions où se produit la sensibilisation, il n'y a pas d'inhibition quantitativement apparente.*

On serait tenté de voir dans cette observation la preuve d'un effet de l'ésérine résultant d'un mécanisme distinct de l'action antiestérasique; mais certains faits montrent qu'une faible portion de l'estérase est cependant influencée par l'ésérine. On sait que l'ésérine appartient à la catégorie des inhibiteurs qui exercent leur action en se fixant sur les groupes actifs des enzymes, en formant avec eux, d'une façon généralement réversible, des systèmes inactivés : estérase inhibée. Le muscle de Sangsue lavé, qui laisse diffuser de l'estérase d'une façon continue, ne laisse diffuser qu'une estérase inhibée après avoir été plongé dans 20^{cm^3} de Ringer contenant au moins 1 γ d'ésérine. La portion de l'estérase du muscle de Sangsue ainsi inhibée est quantitativement insignifiante; mais, qualitativement, elle semble jouer un rôle important dans la sensibilisation, car *lorsqu'avec le sixième ou le douzième lavage commence à réapparaître la diffusion d'une estérase active, disparaît l'hypersensibilité du muscle de Sangsue.*

On ne peut donc pas entièrement se fier aux arguments basés sur l'activité estérasique totale des tissus broyés, puisque nous sommes amenés à envisager *deux formes de l'estérase*. Sans préjuger de la répartition de l'activité *in vivo* de chacune de ses formes [3], nous pouvons déduire de nos expériences que s'il y a un lien entre l'effet sensibilisateur de l'ésérine

(3) Cf. Mlle Marnay et Nachmansohn, *C. R. Soc. Biol.*, 124, 1937, p. 942; 125, p. 41; Mlle Marnay, Minz et Nachmansohn, *C. R. Soc. Biol.*, 125, 1937, p. 43.

et son action inhibitrice sur les estérases du muscle de Sangsue, il n'intéresse que celle des portions de l'estérase qui est capable de diffuser rapidement et d'être rapidement atteinte par l'ésérine.

Nous avons, d'autre part, observé une relation entre ces deux phénomènes dans la sensibilisation du muscle de Sangsue à d'autres substances (esters formique, propionique, benzoïque, bromhydrique, nitrique) et par d'autres inhibiteurs (antipyrine, choline, éphédrine, génésérine) (4).

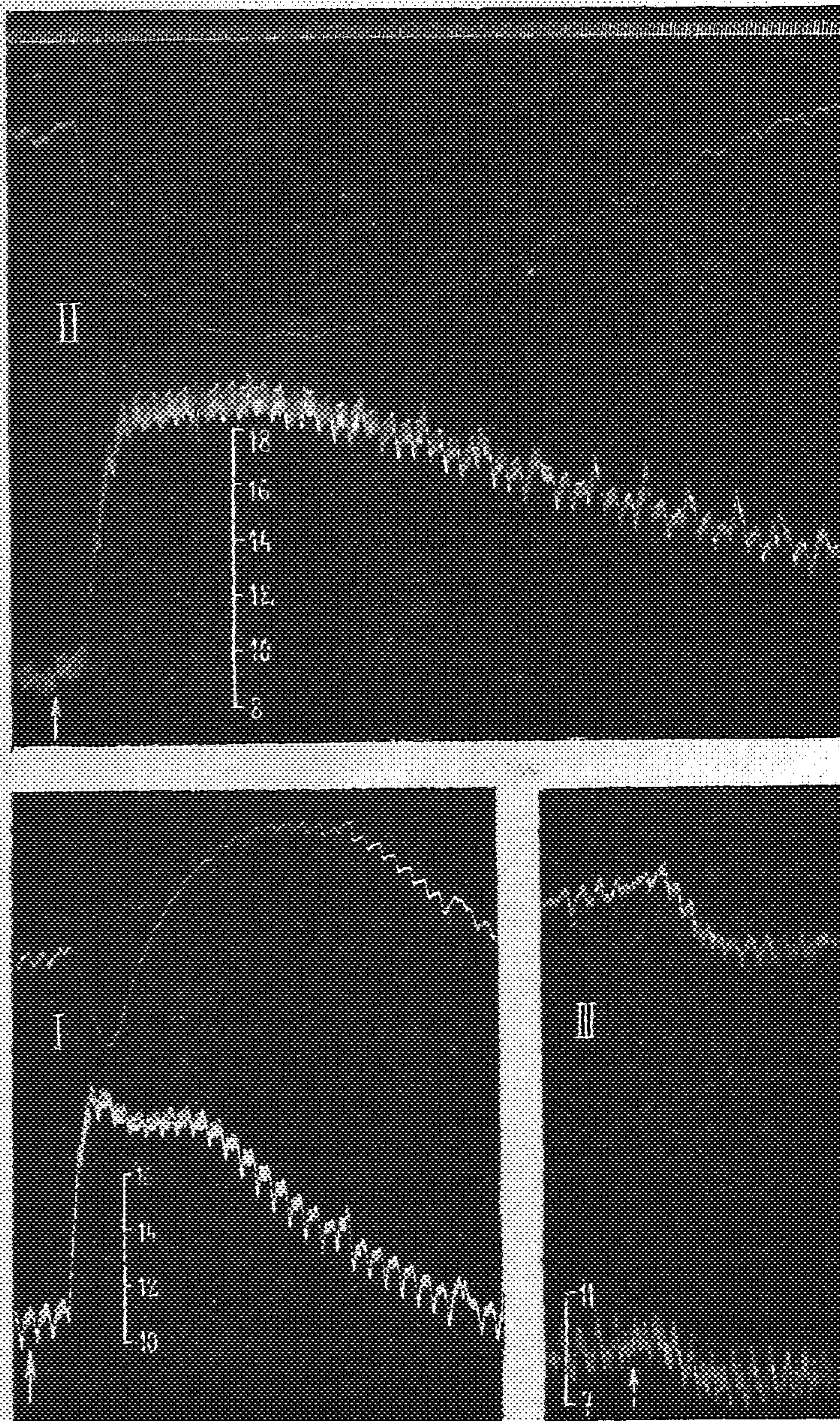
Ces liens suffisent-ils à rendre compte de la sensibilisation observée? Les arguments de Gautrelet et de Kahlson n'ont rien perdu de leur valeur. Par ailleurs, on peut trouver dans la comparaison du coefficient élevé de sensibilisation à la formyl-, l'acétyl- et la propionylcholine par l'ésérine et des faibles coefficients de sensibilisation aux autres esters, par les autres inhibiteurs, et à d'autres réactifs animaux (muscle et cœur de Grenouille, intestin de Rat) le témoin d'un mécanisme qui n'est pas encore entièrement réduit à une action antiestérasique.

PHARMACOLOGIE. — *Sur les effets contraires de deux alcaloïdes d'une même drogue végétale.* Note de Mlle **Étiennette Bizet** et M. **Raymond-Hamet**, présentée par M. Paul Portier.

Depuis les travaux de Cow les pharmacologistes admettent que les alcaloïdes de l'*Aspidosperma Quebracho blanco*, et en particulier la québrachine et la québrachamine, agissent inégalement mais semblablement. A l'appui de cette opinion les chimistes ont apporté un argument d'importance en démontrant que, comme les alcaloïdes de l'ergot, la québrachamine et la québrachine étaient l'une et l'autre des dérivés indoliques. On pouvait donc présumer que la québrachamine devait, comme la québrachine, être rangée dans le groupe des sympathicolytiques vrais, c'est-à-dire de ces poisons du sympathique qui transforment en hypotension l'action hypertensive de l'adrénaline. Mais les expériences que nous avons pratiquées nous ont montré non seulement que la québrachamine n'inverse pas les effets hypertenseurs de l'adrénaline, mais encore qu'elle les renforce et surtout les prolonge.

Au début de notre expérience, nous avons constaté qu'après l'injection de $0^{mg},02$ d'adrénaline, la pression carotidienne s'est élevée rapidement de

(4) E. Kahane et Jeanne Lévy, *C. R. Soc. Biol.*, 125, 1937, p. 252.



Expérience du 17 juillet 1935. Chien de 10^{kg}, anesthésié par le chloralose (12^{cg} par kg), bivagotomisé au cou et soumis à la respiration artificielle. 1re ligne : temps en secondes. 2e et 4e lignes : variations du volume du rein enregistrées par l'oncographe d'Hallion et Comte par nous modifié. 3e et 5e ligne : modifications de la pression carotidienne enregistrées au moyen du manomètre à mercure. A chacun des points marqués par une flèche, on a injecté dans la saphène $0^{mg},02$ d'adrénaline en solution dans 2^{cm^3} de soluté physiologique de chlorure de sodium, puis 5^{cm^3} de ce dernier soluté. Entre la fin de I et le début de II, l'animal a reçu en 7 injections intraveineuses successives 300^{mg} de sulfate de québrachamine pure de Merck. Entre la fin de II et le début de III, l'animal a reçu dans la saphène 20^{mg} de chlorhydrate de québrachine extrait par l'un de nous de l'*Aspidosperma Quebracho blanco*, dissous dans 10^{cm^3} de soluté physiologique de chlorure de sodium, puis 10^{cm^3} de ce dernier soluté. Tracés réduits de 1/3.

114 à 193mm, c'est-à-dire de 79mm de Hg, s'est abaissée à 183, est remontée à 184, puis est redescendue progressivement à son niveau initial qu'elle a atteint en 110 secondes. Le volume du rein a subi d'abord une diminution assez faible qui a été bientôt suivie d'une expansion progressive amenant très rapidement cet organe à dépasser fortement son amplitude initiale; dans une dernière phase, le rein est redevenu ce qu'il était avant l'injection. Le pouls rénal a été presque complètement supprimé non seulement pendant la période de diminution du volume de l'organe mais encore pendant que ce dernier se dilatait progressivement jusqu'à ce qu'il ait atteint son degré maximal d'expansion. C'est seulement pendant la phase de retour du rein à son volume normal que le pouls s'est rétabli peu à peu (*fig.* 1).

Quand l'animal, après avoir reçu, en sept injections intraveineuses successives, 30mg de sulfate de québrachamine pure de Merck par kilogramme, fut soumis à l'action de la même dose d'adrénaline qu'auparavant, la pression carotidienne s'éleva rapidement de 98 à 200mm, soit de 102mm de Hg, et revint si lentement à son niveau initial que 270 secondes après l'injection elle se trouvait encore à 22mm au-dessus de ce niveau. La constriction du rein d'abord rapide puis plus lente a amené cet organe à un volume très inférieur au volume minimal qu'il avait atteint à la suite de la première injection d'adrénaline. Ce n'est que très lentement que le volume est redevenu ce qu'il était initialement. Pendant toute la durée de cette période de réduction du volume du rein, on a observé une abolition presque totale du pouls de cet organe (*fig.* II). Point n'est besoin de recourir à la planimétrie pour se convaincre que, dans nos expériences, la québrachamine a accru et prolongé considérablement la vaso-constriction adrénalinique. En effet, à la suite de l'injection de doses égales d'adrénaline, le tracé oncographique qui, avant la québrachaminisation, était descendu à 18mm au-dessous de son niveau initial et était revenu à ce dernier en 18 secondes, s'est, après celle-ci, abaissé de 39mm et ne s'est retrouvé qu'en 175 secondes à sa hauteur d'avant l'injection.

Ajoutons que, quand par la voie intraveineuse, on eût administré à l'animal 2mg de chlorhydrate de québrachine par kilogramme, l'adrénaline à la même dose qu'auparavant abaissa la pression carotidienne de 102 à 90mm, c'est-à-dire de 12mm de Hg. Les modifications du volume du rein se montrèrent alors parallèles à celles de la pression carotidienne et s'accompagnèrent non plus d'une abolition mais plutôt d'un renfoncement du pouls rénal (*fig.* III).

CHIMIE PHYSIOLOGIQUE. — *Action de la température extérieure sur le métabolisme de la créatinine et de la créatine.* Note de M. **Émile-F. Terroine**, Mlles **A.-M. de la Bernardie** et **Paule Lelu**, présentée par M. Louis Lapicque.

Cherchant à préciser la loi qui régit interspécifiquement le taux d'excrétion de la créatinine chez les homéothermes; partant du fait antérieurement établi par l'un de nous, à savoir que la grandeur de la dépense énergétique est un facteur essentiel, mais non unique, nous nous sommes tout d'abord demandé dans quelles conditions les représentants adultes des diverses espèces devaient être comparés.

En particulier, si le niveau de la dépense énergétique intervient dans la fixation du taux d'excrétion de la créatinine, l'éviction de toute dépense de thermogénèse par la mise à la neutralité thermique n'est-elle pas obligatoire ? Une observation de Palladine (1) créait l'obligation de répondre à cette question : des lapins dont la température est brusquement abaissée de 39° à 31° par un bain froid maintiennent constante leur excrétion de créatinine, mais présentent de la créatinurie. Toutefois, il s'agit là d'une action brutale et temporaire, laquelle suspend d'ailleurs le caractère d'homéothermie. L'observation faite ne permet pas de savoir si une variation du niveau de la production calorique, importante et longuement maintenue, entraîne une modification permanente du métabolisme des corps créatiniques. Nous avons donc cherché s'il en était ainsi ou non.

Des rats adultes, de 200 à 300g, reçoivent une alimentation constituée uniquement par du blé. Ils sont placés pendant des périodes d'au moins 9 jours, tantôt à 30°, tantôt à 5-9°, en commençant certaines expériences par la température la plus élevée et d'autres par la plus basse. Nous donnons ci-dessous quelques exemples des résultats enregistrés, les valeurs exprimant, en milligramme N par kg/24 heures, la moyenne de chaque période.

		Rat 7.	Rat 8.	Rat 9.	Rat 10.	Rat 11.	Rat 12.
N Créatinine	30°....	10,8	11,8	13,5	10,7	11,5	10,0
	5-9....	7,1	10,1	9,0	11,4	7,4	7,8
N Créatine	30....	2,1	1,9	1,1	1,0	2,3	1,4
	5-9....	4,3	4,4	5,0	5,1	3,1	5,6

(1) *Biochem. Zeitsch.*, **136**, 1923, p. 353.

Des constatations faites il ressort très nettement que :

1° l'excrétion de la créatinine tombe (à la seule exception du sujet 10) lorsque la température extérieure s'abaisse, la chute étant, pour les écarts de température étudiés, le plus souvent voisine de 30 pour 100;

2° la créatinurie, normale mais très faible chez le rat adulte, s'élève considérablement puisqu'elle a au moins quadruplé dans 3 cas sur 6.

Ces modifications de sens inverse nous ont naturellement amenés à penser qu'avec un métabolisme énergétique fortement accru par suite de la nécessité de faire face aux besoins de thermogénèse, l'organisme voyait s'affaiblir son pouvoir de transformer en créatinine, la créatine endogène, à peu près seule en jeu dans les essais. Nous avons alors cherché si, d'une manière plus générale, le degré d'aptitude de l'organisme à transformer la créatine était sous la dépendance de la température extérieure.

Injectant 2^{mg} de créatine (soit 0^{mg},64 N) à des animaux placés tantôt à 30° et tantôt à 10°, toujours pendant des temps assez longs séparés par des périodes témoin d'égale durée, nous avons constaté, comme le montre l'exemple ci-dessous rapporté, choisi parmi trois observations identiques :

	Milligrammes par 24 heures.							
	30°.		10°.			30°.		
	P. t.	I. c.	P. t.	I. c.	P. t.	P. t.	I. c.	P. t.
N créatinine.....	2,13	2,08	1,82	1,54	1,56	1,81	1,76	1,86
N créatine......	0,54	0,66	2,21	4,07	1,89	0,55	0,40	0,42

P. t. = Période témoin; I. c. = Injection créatine.

1° la créatine injectée ne réapparaît pas comme telle, ou à peine, chez les animaux placés à température de neutralité thermique; qu'elle ne réapparaît pas davantage sous forme de créatinine, ni pendant la période d'injection, ni pendant la postpériode; que cette créatine doit donc subir une transformation profonde qui en altère complètement le caractère;

2° l'excès de créatine rejeté à basse température pendant la période d'injection est toujours beaucoup plus grand que la quantité de créatine injectée; ainsi, il semble qu'à 9°, non seulement l'organisme paraît avoir perdu le pouvoir qu'il possède à 30° de dégrader la créatine qu'il produit ou qu'il reçoit, mais encore une administration supplémentaire provoque une surproduction.

Un abaissement de température extérieure entraînant une forte élévation des dépenses de thermogénèse est donc une cause de troubles à la fois du métabolisme de la créatinine et de celui de la créatine. Ces troubles

sont strictement limités dans leur durée à la période de basse température et cessent immédiatement dès que l'animal est replacé à sa température de neutralité thermique. Le mécanisme d'apparition de ces troubles reste entièrement à dégager.

TOXINES BACTÉRIENNES. — *Sur l'existence de toxine thermolabile et neurotrope (exotoxine) dans les corps bactériens du Bacille de Shiga.* Note de M. **André Boivin** et de Mme **Lydia Mesrobeanu**, présentée par M. Félix Mesnil.

Nous avons montré [1] 1° que les corps bactériens des formes S du b. de Shiga et du b. de Flexner renferment une endotoxine thermostable, de nature glucido-lipidique et d'action entérotrope chez la Souris, qui manque dans les formes R correspondantes; 2° qu'une exotoxine thermolabile, de nature protéique et d'action neurotrope, se rencontre dans les filtrats de cultures sur bouillon du b. de Shiga S et R, mais non du b. de Flexner S ou R. Dans les filtrats de vieilles cultures des formes S, et surtout lorsque le pH est devenu très alcalin, on peut déceler de petites quantités d'endotoxine, libérée par l'autolyse des bactéries.

Poursuivant nos recherches, nous nous sommes aperçus que les corps bactériens du b. de Shiga S, soigneusement lavés par centrifugation et tués par la chaleur, présentent une toxicité très différente pour la Souris, selon que le chauffage a lieu à 55° ou à 100°. Dans le premier cas, la toxicité est environ 10 fois plus élevée que dans le second cas; de plus, on voit apparaître des paralysies chez les animaux qui reçoivent des bactéries chauffées à 55°, mais non pas chez les animaux injectés avec les microbes tués à 100°. Il existe donc une toxine thermolabile et neurotrope, dans les corps bactériens du b. de Shiga S, en adjonction à l'endotoxine thermostable et entérotrope. Par des expériences en tous points analogues, nous avons pu nous convaincre de l'existence de la même toxine thermolabile et neurotrope dans les corps bactériens du b. de Shiga R et de son absence dans les formes S et R du b. de Flexner.

Nous avons pu isoler cette toxine, à partir des autolysats de corps bactériens du b. de Shiga, en la précipitant par l'acide trichloracétique.

[1] *Comptes rendus*, **204**, 1937, p. 302; *C. R. Soc. Biol.*, **124**, 1937, p. 439, 442 et 1078.

Voici l'essentiel de notre technique. On cultive le b. de Shiga S ou R sur gélose, pendant 20 heures à 37°. On recueille les bactéries, on les lave très soigneusement par centrifugation, on les met en suspension dans le sérum physiologique, on ajoute un peu de chloroforme et on abandonne à l'autolyse, pendant 2 jours à 37°. Au bout de ce temps, on centrifuge pour se débarrasser des cadavres bactériens et pour obtenir un liquide clair, qu'on acidule à $pH = 3{,}5$ par de l'acide trichloracétique. Il se forme un précipité, qu'on recueille par centrifugation et qu'on dissout dans du sérum physiologique rendu très légèrement alcalin par du carbonate de sodium.

La solution ainsi obtenue se montre nettement toxique pour la Souris : les animaux, injectés dans la veine caudale, font des paralysies et meurent en quelques jours, sans présenter de diarrhée. La toxicité est complètement abolie par un chauffage de 30 minutes à 100°; elle est abolie de même par action de la trypsine. Disposant de deux sérums (cheval), valables l'un seulement contre l'endotoxine retirée des corps bactériens et l'autre seulement contre l'exotoxine retirée des filtrats de culture sur bouillon du b. de Shiga, nous avons pu mettre en évidence l'action protectrice du second et l'inactivité du premier vis-à-vis de la toxine thermolabile et neurotrope contenue dans les autolysats. Comme on le voit, tant par ses propriétés physiques (thermolabilité), que par ses propriétés chimiques (précipitabilité par l'acide trichloracétique, sensibilité à la trypsine) et que par ses propriétés biologiques (neurotoxicité neutralisable par un sérum antiexotoxique), la toxine thermolabile des autolysats bactériens s'identifie à l'exotoxine rencontrée dans les filtrats de culture sur bouillon.

On est donc conduit à penser que l'exotoxine neurotrope, tout comme l'endotoxine entérotrope, se forme dans les corps bactériens du b. de Shiga, mais que la première toxine diffuse dans le milieu ambiant beaucoup plus aisément que la seconde.

C'est donc à l'exotoxine neurotrope que les corps bactériens, comme les filtrats du b. de Shiga, doivent la majeure partie de leur toxicité pour la Souris. Nous ignorons tout de la susceptibilité particulière de l'homme aux deux toxines du b. de Shiga, mais nous pouvons remarquer cependant que, dans la dysenterie humaine à b. de Shiga, le tableau symptomatologique est dominé par les phénomènes intestinaux, alors que les phénomènes nerveux restent tout à fait à l'arrière-plan. On peut penser, au moins jusqu'à mieux informé, que c'est l'endotoxine entérotrope qui est respon-

sable de ce qu'il y a de commun aux tableaux symptomatologiques des dysenteries à b. de Shiga et des dysenteries à b. de Flexner. Toutefois, comme les dysenteries à b. de Shiga sont, en moyenne, nettement plus sévères que les dysenteries à b. de Flexner, on doit se demander si, dans le premier cas, la neurotoxine ne vient pas ajouter son action novice à celle de l'entérotoxine. Nous ne pouvons, dans le cadre de la présente Note, discuter la façon dont est préparé et titré actuellement, dans les divers Instituts, le sérum thérapeutique antidysentérique-Shiga. Il apparaît que ce sérum, dont l'efficacité reste limitée, est dirigé surtout contre la neurotoxine. Il nous semble logique de demander à un sérum thérapeutique antidysentérique de posséder également une activité antiendotoxique marquée, d'autant plus que l'endotoxine glucido-lipidique du b. de Shiga se confond avec l'antigène somatique O de la même bactérie et que, de ce fait, on peut espérer de l'anticorps correspondant à la fois des propriétés antientérotoxiques et des propriétés bactéricides.

TOXINES. — *Le pouvoir antitoxique du glutathion. Recherches sur la toxine tétanique.* Note de MM. **Léon Binet**, **Charles Jaulmes** et **Georges Weller**, présentée par M. Hyacinthe Vincent.

Des recherches antérieures [1] nous avaient permis de constater une baisse notable du taux du glutathion réduit au niveau du muscle contracté par excitation électrique (contractions séparées et tétanos physiologique). Ayant eu l'occasion récemment de constater l'action antitoxique du glutathion à l'égard du venin de Cobra [2], il nous a paru intéressant de nous rendre compte du rôle possible de cette substance dans l'intoxication tétanique.

D'une longue série de recherches entreprises dans ce sens, nous rapportons aujourd'hui celles concernant l'action *in vitro* du glutathion réduit sur la toxine tétanique.

Toutes nos expériences ont été faites sur des cobayes de 350g. La toxine utilisée tuait en 4 jours les cobayes du poids indiqué à la dilution de 1/2200e.

---

(1) Léon Binet et G. Weller, *C. R. Soc. Biol.*, 116, 1934, p. 1239.
(2) Léon Binet, G. Weller et Ch. Jaulmes, *Comptes rendus*, 204, 1937, p. 1513.

Les mélanges de toxine et de glutathion ont été préparés de la façon suivante :

Le glutathion réduit cristallisé a été dissous dans 1^{cm^3} d'eau salée à 7,5 pour 1000. La solution obtenue a été neutralisée par du bicarbonate de sodium en poudre. Après dissolution, il a été ajouté 1^{cm^3} de toxine diluée à $1/2200^e$ et les mélanges ramenés au volume total de 2^{cm^3} sont restés une heure à la température du laboratoire et ont été injectés dans les muscles de la patte postérieure des cobayes.

Deux groupes d'expériences ont été réalisés, le premier avec 20^{mg} de glutathion par cobaye, le second avec 40^{mg}. Dans chacune de ces deux séries nous avons fait varier de 5 à 80^{mg} les quantités de bicarbonate de sodium ajoutées aux solutions de glutathion. Pour chacune de nos expériences nous avons vérifié, à l'aide de cobayes témoins, que la dilution de toxine utilisée tuait bien les animaux en quatre jours.

Nous avons vérifié d'autre part que le bicarbonate de sodium seul (30^{mg}) ou l'acide carbonique (barbotage de gaz carbonique dans la toxine diluée pendant 3 minutes) ne modifiaient pas l'activité de cette toxine.

Dans ces conditions nous avons constaté que :

1° les cobayes inoculés avec des mélanges contenant du glutathion réduit (20 ou 40^{mg}) sans bicarbonate de sodium mouraient dans les mêmes délais que les cobayes témoins;

2° les mélanges contenant une petite quantité de bicarbonate de sodium (5^{mg} pour 20^{mg} de glutathion ou 10^{mg} pour 40^{mg} de glutathion) entraînaient la mort des animaux dans les mêmes délais que les témoins.

Nous avons obtenu les mêmes résultats avec des mélanges contenant une proportion élevée de bicarbonate de sodium (40 et 80^{mg} pour 20^{mg} de glutathion ou 60 et 80^{mg} pour 40^{mg} de glutathion).

Par contre *les cobayes qui avaient reçu des mélanges contenant des quantités de bicarbonate de sodium intermédiaires entre celles indiquées ci-dessus* (12 à 20^{mg} pour 20^{mg} de glutathion et 20 à 40^{mg} pour 40^{mg} de glutathion), *ont survécu*, en présentant toutefois des symptômes de tétanos localisé à la patte au niveau de laquelle avait été faite l'injection. Ces symptômes locaux, parfois très atténués, n'apparaissaient que 48 à 72 heures après l'injection, alors qu'ils étaient perceptibles chez les animaux témoins déjà 24 heures après. Notons que chez nos animaux, en un mois environ, toute raideur de la patte avait disparu.

Nous donnons ci-dessous un tableau résumant les résultats obtenus après

injection d'une toxine tétanique soumise à l'action de 20^{mg} de glutathion réduit, neutralisé par des doses diverses de bicarbonate de sodium.

Toxine 1cm³ d'une dilution à	GSH.	CO^3NaH.	Volume total.	Temps de contact.	Nombre d'animaux.	Temps d'apparition des premiers symptômes.	Résultats.
	mg	mg	cm³	h		h	
1/2200...	0	0	2	1	7	24	7 morts en 4 jours
1/2200...	20	0	2	1	1	24	1 mort en 4 jours
1/2200...	20	5	2	1	2	24	2 morts en 4 jours
1/2200...	20	10	2	1	2	30-48	{ 1 survie 1 mort en 5 jours
1/2200...	20	12	2	1	1	36	1 survie
1/2200...	20	15	2	1	2	48	2 survies
1/2200...	20	20	2	1	5	48-72	5 survies
1/2200...	20	30	2	1	2	30-48	{ 1 survie 1 mort en 3 jours
1/2200...	20	40	2	1	3	24-30	3 morts en 4-6 jours
1/2200...	20	80	2	1	1	24	1 mort en 4 jours

Ces faits nous paraissent montrer que, dans les conditions décrites, le glutathion réduit est capable, *in vitro*, d'atténuer une dose sûrement mortelle de toxine tétanique, mais ceci dans certaines conditions de neutralisation. L'acidité ou l'alcalinité dépassant une certaine zone optima suppriment complètement cette action.

CHIMIOTHÉRAPIE. — *Action antistreptococcique des dérivés sulfurés organiques.* Note de MM. **Ernest Fourneau, Jacques Tréfouël, Federico Nitti, Daniel Bovet** et Mme **Jacques Tréfouël**, présentée par M. Félix Mesnil.

A la suite de nos études sur l'action antistreptococcique du *p*-aminophénylsulfamide (1162 F.) et des dérivés voisins, nous avons fait porter nos essais sur de nouveaux dérivés sulfurés appartenant notamment aux groupes des diphénylmonosulfures, des diphényldisulfures et des diphénylsulfones.

1° *Diphénylsulfures.* — Les expériences ont porté sur deux dérivés, le dinitro-4-4′ diphénylsulfure (1352 F.), fondant à 154°, et le tétranitro-2-4-2′-4′ diphénylsulfure (1356 F.). Le premier de ces produits s'est montré le plus actif dans les infections expérimentales de la Souris par le streptocoque

hémolytique. Comme précédemment (¹), nous avons utilisé une souche de streptocoques hautement virulents, provoquant à la dose de 1/200000e de centimètre cube, par voie intrapéritonéale, la mort des animaux témoins en 24 heures. L'action curative du dérivé 1352 F. est nette à des doses variant entre $0^g,0025$ et $0^g,010$, par voie buccale, pour la Souris. Par rapport à l'activité du *p*-aminophénylsulfamide, ce dérivé est donc environ quatre fois moins actif. Ce corps est très peu toxique pour la Souris, qui le tolère à des doses allant jusqu'à $0^g,200$ par 20^g par voie buccale.

2° *Diphényldisulfures*. — Trois dérivés ont été étudiés, le diphényldisulfure ($C^6H^5 - S - S - C^6H^5$) (1354 F.), le dinitro-2.2′ diphényldisulfure (1355 F.), le dinitro-4.4′ diphényldisulfure (1353 F.). Seul ce dernier s'est montré actif dans la septicémie streptococcique de la Souris. Le 1353 F. exerce une action curative à des doses variant entre $0^g,005$ et $0^g,020$ par voie buccale chez la Souris; le pouvoir antistreptococcique se manifestant donc à des doses quatre à huit fois supérieures à celles du *p*-aminophénylsulfamide. Le pouvoir protecteur est faible dans les infections pneumococciques de la Souris. L'administration buccale fournit des résultats supérieurs à ceux que la voie sous-cutanée permet d'obtenir, ce fait laissant prévoir que ce dérivé doit subir pour agir une transformation préalable dans le tube digestif. Ce corps est très peu toxique, toléré à la dose de $0^g,10$ pour 20^g par la Souris.

3° *Diphénylsulfone*. — La dinitro-4.4′ diphénylsulfone



$$(NO^2 - C^6H^4 - SO^2 - C^6H^4 - NO^2) \text{ (1357 F.)}$$

est un produit très actif dans les septicémies streptococciques. Nous avons utilisé un isomère se sublimant à 238°, fondant à 250°, cristallisant en prismes dans l'acide acétique et donnant par réduction la diaminophénylsulfone fondant à 174°. L'étude chimique et pharmacologique des différents isomères paraîtra ultérieurement.

Les doses actives de dinitro-4-4′ diphénylsulfone sont environ dix fois inférieures aux doses actives du 1162 F.; $0^g,0005$ pour une Souris de 20^g permettent d'obtenir un pourcentage important de survie. Ce corps est également actif dans la septicémie streptococcique du Lapin, protégeant l'animal à la dose de $0^g,10$ par kilogramme, par voie buccale. De même que les sulfures nitrés précédemment décrits (1352 F. et 1353 F.), la

(¹) J. Tréfouël et Mme J. Tréfouël, F. Nitti, D. Bovet, *Annales de l'Institut Pasteur*, 58, 1937, p. 30.

dinitro diphénylsulfone agit notablement mieux par voie buccale que par voie sous-cutanée. Administrée à des doses relativement élevées, elle est très active dans les septicémies pneumococciques de la Souris, au cours desquelles elle permet de réaliser une protection très supérieure à celle obtenue par le 1162 F. ou l'optoquine.

La toxicité du 1357 F. se manifeste tout d'abord par des phénomènes d'hyperexcitabilité et par une agitation continue des animaux, puis à fortes doses, par des phénomènes convulsifs. Les premiers signes d'intolérance qui s'amendent totalement apparaissent à la dose de $0^{g},010$; à la dose de $0^{g},100$, on a observé 6 survies sur 10 Souris en expérience traitées par voie buccale.

Ce corps, administré par voie buccale, protège la Souris blanche contre une infection streptococcique extrêmement sévère (Souche Dig. 7, 1/200000e de centimètres cubes, intrapéritonéale correspondant à environ 1000 doses mortelles. Souris de 20^{g}). Voici par exemple le protocole d'une expérience :

5 témoins sur 5 meurent en 24 heures		
1357 F.-Buccale :	$0^{g},001$	5 survies sur 5 Souris traitées
»	$0^{g},0005$	3 survies définit. sur 5 Souris traitées
		1 survie de 4 jours
		1 survie de 3 jours
»	$0^{g},0001$	4 survies de 2 jours sur 5 Souris traitées
		1 survie de 1 jour

Notre ami le Dr Buttle (*The Wellcome physiological Research Laboratories*) nous a fait part des expériences qu'il a entreprises tout à fait indépendamment des nôtres sur les dérivés de la diphénylsulfone; les résultats expérimentaux qu'il a obtenus se montrent dans leurs grandes lignes comparables aux nôtres et c'est en plein accord avec lui que nous publions cette Note en France au moment où lui-même a rapporté en Angleterre ses propres résultats. Il a essayé également le dérivé aminé correspondant, la diamino-4-4' diphénylsulfone, qui s'est montré, comme nous avons pu le constater nous-mêmes, à la fois plus active et plus toxique.

Conclusions. — Après avoir essayé de nombreux dérivés du phénylsulfamide et conclu à la supériorité expérimentale du *p*-aminophénylsulfamide (1162 F.) au point de vue antistreptococcique, nous avons cherché à modifier la fonction sulfurée elle-même. Nous avons ainsi pu constater que les sulfures, et plus particulièrement les sulfones entre autres, possèdent une activité bactéricide considérable et sont susceptibles de protéger les

animaux au cours des septicémies expérimentales à streptocoques et à pneumocoques. De tels faits permettent l'espoir d'établir, avec les dérivés du soufre, une chimiothérapie antibactérienne, analogue à la chimiothérapie antiparasitaire obtenue avec les dérivés de l'arsenic.

A 16^h l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à $16^h 20^m$.

A. Lx.

ERRATA.

(Séance du 11 mai 1937.)

Note de MM. *Casimir Jausseran*, Anomalies de la dispersion de la lumière par les solutions colloïdales d'argent :

Page 1647, la dernière ligne devrait figurer en tête de cette page.

(Séance du 24 mai 1937.)

Note de MM. *Alexandre Guilliermond* et *Roger Gautheret*, Sur la propriété des cellules végétales d'excréter le rouge neutre après l'avoir accumulé dans leurs vacuoles :

Page 1522, ligne 28, *au lieu de* 4^{mg} pour 100, *lire* $4^{mg},8$ pour 100.

Note de MM. *François Bourion* et *Émile Rouyer*, Détermination de l'hydratation des ions du nitrate de calcium :

Page 1564, dernière ligne de la Note, *au lieu de* $\underset{++}{Ca}\,22,6H^2O$, *lire* $\underset{++}{Ca}\,21,6H^2O$.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

OUVRAGES REÇUS PENDANT LES SÉANCES DE MAI 1937.

Differential Systems, par JOSEPH MILLER THOMAS, in *American Mathematical Society Colloquium Publications,* vol. XXI. New York, American Mathematical Society, 1937; 1 vol. 26^{cm}.

Les plantes alimentaires chez tous les peuples et à travers les âges. Histoire-Utilisation-Culture. Vol. IV, *Les plantes à boissons,* par DÉSIRÉ BOIS, in *Encyclopédie biologique.* Paris, Paul Lechevalier, 1937; 1 vol. 25^{cm}.

Memorie Scelte, par GUIDO CASTELNUOVO. Bologne, Nicola Zanichelli, 1937; 1 vol. 25^{cm},5.

Précis de zoologie, par AUGUSTE LAMEERE. Tome V, fasc. 2, *Les Lépidoptères.* Bruxelles, H. Cauwenberg, 1937; 1 fasc. 26^{cm},5.

Cours de Chimie industrielle, par G. DUPONT. Tome IV, *Industries organiques.* Paris, Gauthier-Villars, 1937; 1 vol. 25^{cm}.

Le droit des savants, par PAUL OLAGNIER. Paris, Librairie Générale de Droit et de Jurisprudence, 1937; 1 vol. 23^{cm}.

Matière et Lumière, par LOUIS DE BROGLIE, in *Sciences d'aujourd'hui.* Paris, Albin Michel, 1937; 1 vol. 19^{cm},5.

El Tratamiento de la Lepra por el Azul de Metileno, par JESUS GONZALES URUEÑA, in *Departamento de salubridad Pública.* Mexico, Departamento de Salubridad Pública, 1936; 1 fasc. 23^{cm}.

Primer Censo Quinquenal Reglamentario de la Lepra en la República Mexicana (1930-1934), par JESUS GONZALES URUEÑA, in *Departamento de Salubridad Pública, servicio Federal de Profilaxis de la Lepra.* Mexico, Departamento de Salubridad Pública, 1935; 1 vol. 30^{cm},5 × 34^{cm},5.

Axel Hamberg, par HILDING KÖHLER, extrait de *Svensk geografisk Årsbok,* 1933, publié par la Sydsvenska geografiska Sällskapet. Lund, Carl Bloms Boktryckeri, 1933; 1 fasc. 23^{cm},5.

La Montagne Tadjiks, par V. V. GINSBURG, in *Travaux de l'Institut anthropologique, ethnographique et archéologique de l'Académie des Sciences de l'U. R. S. S.* Tome XVI, Série anthropologique n° 2. Moscou-Leningrad, 1937; 1 vol. 26^{cm} (en langue russe).

Structure générale des Nomogrammes et des Systèmes nomographiques, I, par RENÉ LAMBERT, in *Actualités scientifiques et industrielles,* 493, *Procédés généraux de calcul.* Paris, Hermann et Cie, 1937; 1 fasc. 24^{cm},5.

Polychètes, par PIERRE FAUVEL, in *Résultats du Voyage de la Belgica, en* 1897-99, *sous le commandement de A. de Gerlache de Gomery. Rapports scientifiques.* Anvers, Imprimerie J.-E. Buschmann, 1936; 1 fasc. 34^{cm}.

Annélides Polychètes du Japon, par PIERRE FAUVEL, in *Memoirs of the College of Science, Kyoto Imperial University,* Series B, vol. XII, nº 1 (article 3). Kyoto, 1936; 1 fasc. 26^{cm}.

Les Fonds de pêche près d'Alexandrie. Annélides Polychètes, XI, par PIERRE FAUVEL, in *Direction des Recherches des Pêcheries,* Notes et Mémoires nº 19. Le Caire, Imprimerie Nationale, Boulac, 1937; 1 fasc. 27^{cm},5.

Signes de manque de potasse, par OSKAR ECKSTEIN, ALBERT BRUNO, J. W. TURRENTINE. Berlin, Verlagsgesellschaft für Ackerbau, 1937; 1 vol. 24^{cm},5 (présenté par M. G. Bertrand).

Pedro Vicente Maldonado, y la Misión Geodésica del Siglo XVIII, par NICOLÁS ESPINOSA CORDERO. Cuenca, Edición Oficial del Colegio Benigno Malo, 1936; 1 fasc. 22^{cm},5 (présenté par M. G. Perrier).

Os Hormonios testiculares, par RAUL FRANCO DE MELLO. São Paulo, 1936; 1 fasc. 27^{cm}.

Recueil des Travaux, vol. XIII, 1936, par MAURICE NICLOUX in *Institut de chimie biologique de la Faculté de médecine de l'Université de Strasbourg.* Strasbourg, Eisenmann et Bauer, 1937; 1 vol. 23^{cm},5.

Interprétation du fonctionnement du système nerveux par la Notion de subordination, par PIERRE MOLLARET. Paris, Masson et Cie, 1937; 1 vol. 25^{cm} (présenté par M. Lapicque).

Théorie radiante, conférence faite à la Sorbonne, le 28 mai 1936, par F. M. DA COSTA LÔBO. Figueira da Foz, 1937; 1 fasc. 24^{cm},5 (présenté par M. L. de Broglie).

Symbiose et parasitisme. L'œuvre de Noël Bernard, présentée au Palais de la Découverte de l'Exposition internationale de Paris 1937, par LOUIS BLARINGHEM, JOSEPH MAGROU, ELIAS MELIN, FERNAND MOREAU, ERNEST PINOY, Dr C. RAYNER. Paris, Masson et Cie, 1937; 1 fasc. 20^{cm}.

Carte géologique internationale de l'Afrique, feuille nº 1, exécutée conformément aux vœux du Congrès géologique international (XIIIe Session, Bruxelles, 1922), dressée et publiée par le Bureau d'études géologiques et minières coloniales. Paris, 1936; 1 pl. 84^{cm},5 × 100^{cm}.

Leçons de Philosophie chimique, par J. B. DUMAS, in *Les classiques de la découverte scientifique.* Paris, Gauthier-Villars, 1937; 1 vol. 19^{cm}.

Les Poissons et le Monde vivant des eaux, par le Dr LOUIS ROULE. Tome X, *La Philosophie biologique et l'Économie générale du monde vivant.* Paris, Delagrave, 1937; 1 vol. 25^{cm},5.

Diptères, par E. SÉGUY, in *La Faune de France.* Tome VIII. Paris, Delagrave, 1937; 1 vol. 21^{cm} (présenté par M. Bouvier).



ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 14 JUIN 1937.

PRÉSIDENCE DE M. EMMANUEL LECLAINCHE.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **MINISTRE DE L'ÉDUCATION NATIONALE** adresse ampliation du décret, en date du 4 juin 1937, portant approbation de l'élection que l'Académie a faite de M. **PAUL MONTEL** pour occuper dans la Section de Géométrie la place vacante par le décès de M. *E. Goursat.*

Il est donné lecture de ce décret.

Sur l'invitation de M. le Président, M. **PAUL MONTEL** prend place parmi ses Confrères.

M. le **PRÉSIDENT** souhaite la bienvenue à M. **GEORGE BIRKHOFF**, Professeur de l'Université de Harvard, à Cambridge, Massachusetts, Correspondant de l'Académie pour la Section de Géométrie, qui assiste à la séance.

OPTIQUE PHYSIOLOGIQUE APPLIQUÉE A LA NAVIGATION. — *Sur la recherche des signaux à éclats brefs par les navigateurs.* Note (1) de M. **ANDRÉ BLONDEL.**

Les feux à éclats courts (de 1,5 à 2 secondes) de Allard, ont été remplacés à partir de 1889 par les feux à éclats plus brefs (de 1/10e à 1/5e de seconde), dits *faux-éclairs*, de Bourdelles; j'ai préconisé alors la

---

(1) Séance du 7 juin 1937.

réduction la plus grande possible de la durée des éclats ([2]). Une étude expérimentale nous a conduits plus tard, Jean Rey et moi ([3]), à affirmer et préciser les mêmes conclusions. Cependant des navigateurs sont encore portés à croire souvent qu'ils apercevraient plus facilement les signaux si la durée de ceux-ci était accrue.

Il n'en est rien si l'on tient compte des phénomènes physiologiques de l'œil et du rendement des phares :

Ayant déjà traité complètement le second sujet autrefois ([4]), je vais discuter ici le point de vue physiologique; on rappellera d'abord quelques propriétés fondamentales de la rétine qui régissent le problème.

1° Le champ visuel moyen de l'œil normal est de 45° en haut, 55° en bas, 55° latéralement du côté nasal, et 90° latéralement dans la direction temporale; un tel champ est, en général, très suffisant pour permettre au navigateur, de découvrir un signal sans déplacement de l'œil, sauf dans des cas exceptionnels.

2° La plage centrale de la *fovea centralis*, dans un angle de 1°,5 à 1°,8, est composée uniquement de cônes (à faible champ angulaire : 30″ à 1′), innervés séparément quand l'éclairement est notable; mais qui, au voisinage du seuil de la sensation, se groupent en un seul territoire (loi de Ricco) par les connexions nerveuses de Ramon.

En dehors de cette plage spéciale, le territoire d'une excitation correspond à plusieurs cônes et à plusieurs bâtonnets couplés ensemble, en nombre croissant, sur une même fibre nerveuse. Ce territoire s'élargit ainsi au détriment de la netteté (qui tombe des 2/3 dans l'angle de 5°) ([5]), tandis que la sensibilité augmente rapidement à partir de l'angle de 1°,5, de chaque côté de l'axe; à 2°, 3°, 4° elle est multipliée respectivement par 15, 35, 60, suivant Hering et Kriess ([6]) en lumière blanche; un signal observé obliquement par un œil fixe est vu avec une clarté plus grande qu'en vision directe.

3° Dans le cas de cette dernière, l'éclairement apparent E, est donné

([2]) Cf. André Blondel, *On flash lights*, etc. (*Proc. Int. Mar. Cong.*, 1, Section S, 1893, p. 39). Par raison de construction, cette durée ne peut descendre au-dessous de 1/50e de seconde et est généralement supérieure à 1/20e.

([3]) André Blondel et Jean Rey, *Comptes rendus*, 153, 1911, p. 56; et 178, 1924, p. 2761 et 245; *Journal de Physique*, nos 4 et 5, juillet à août 1911, et *Lumière électrique*, 34, 15 juillet 1916, p. 54.

([4]) André Blondel, *Comptes rendus*, 168, 1916, p. 587.

([5]) Cf. Ruppert, *Z. f. Sinnesphysiologie*, 42, 1908, p. 409.

([6]) Cf. Nagels, *Handb. der Physiologie*, 3, 1904, p. 171 et 172.

en fonction de celui du feu fixe E_0 et de la durée d'éclat t, par la formule (Blondel-Rey).

$$\frac{E}{E_0} = \frac{t}{a+t},$$

dans laquelle a est une constante qui peut varier entre 0,9 et 0,20 suivant la valeur admise pour l'éclairement minimum perceptible ([7]). Elle montre qu'il y a avantage à réduire t quand Et est constant, c'est-à-dire quand le flux émis par le phare dans chacun de ses faisceaux est constant.

4° Les durées de fixation absolue de l'œil peuvent, d'après les physiologistes, atteindre 1^s à $2^s,5$, et sont séparées seulement par de petites oscillations spontanées de 2′ à 6′ d'amplitude, qui ne modifient donc pas sensiblement les territoires d'excitation de 0°,5 définis plus haut.

5° Quand on déplace l'œil, c'est en général par des mouvements très rapides, qui peuvent atteindre, suivant les auteurs ([8]) 150° par seconde à 1000°, pour de grands angles, et 450° à 600° par seconde pour des angles de 30° d'après Broca et Turchini ([9]). On peut arriver à les réduire à 100° ou 200° par seconde.

Des données expérimentales qui précèdent, on peut déduire maintenant les conséquences nouvelles suivantes :

I. La durée d'excitation θ de la rétine par un signal ponctuel fixe, quand l'œil est en mouvement, est, au plus, le quotient du diamètre d du territoire élémentaire (en angle) par la vitesse v de l'œil $\theta = a/v$. Si le signal ne dure que t secondes, on aura, en général, $\theta < t$... et l'éclat ne sera pas perçu intégralement. Par exemple pour $v = 100°$ par seconde (valeur plus faible que celles citées plus haut), on a pour $d = 0°,5$, $\theta \leq 1/200$ sec., alors que la durée minima réalisable pratiquement pour un éclat est 1/50. Un éclat ne pourra donc être perçu que pendant les pauses accidentelles du mouvement de l'œil.

([7]) Cf. ANDRÉ BLONDEL, *Méthodes expérimentales pour déterminer la portée des Phares à éclats* (*Revue Générale d'Électricité*, **33**, 1933, p. 75 et 820).

([8]) TSCHERMAK, *Augenbewegungen* (*Handb. der Normalen und Patholog. Physiologie*, **12**, 2e partie, 1931, p. 1059-1062).

([9]) ANDRÉ BROCA et TURCHINI, *Comptes rendus*, **178**, 1924, p. 1574. D'après ceux-ci le déplacement de l'œil vers un point fixe se fait suivant deux processus différents, suivant les sujets : ou bien des mouvements alternés très rapides ou des mouvements glissants plus lents apériodiques. Le temps nécessaire pour la fixation latérale de l'œil en partant de sa position primaire est de l'ordre de 1/15e à 1/20e de seconde, pour les sujets jeunes et de 1/12e de seconde pour les sujets âgés. La durée du retour de l'œil à la position primaire est analogue et même plus rapide.

Au-dessus du seuil de la sensation, le territoire élémentaire sur la fovéa est celui d'un seul cône et par conséquent inférieur à 1'; tout balayage rapide est donc encore bien plus nuisible à la perception sur la rétine que la vision fixe oblique. En outre, un cône excité brusquement dans l'obscurité est, comme l'a montré Edridge Green, soumis à un phénomène d'inhibition dû à la réparation trop lente du pourpre rétinien; on voit ainsi disparaître brusquement un signal dès qu'il se prolonge un peu. A tous ces points de vue la brièveté d'un éclat est à rechercher plutôt que sa prolongation.

Pour ce motif, on peut être tenté de rationaliser les mouvements de l'œil par l'un des moyens suivants :

a. On peut faire osciller méthodiquement l'axe de l'œil dans un angle de 30° (ou davantage) de part et d'autre d'une direction moyenne, suivant une loi à peu près sinusoïdale, de période dépassant difficilement 2 à 3 secondes; la vitesse angulaire moyenne étant ainsi 15° ou 20° par seconde, la durée correspondante d'impression sur un territoire rétinien de 1/2 est 1/40 à 1/30 de seconde, moindre que celle d'un éclat usuel. On ne pourrait donc percevoir complètement l'éclat que s'il coïncidait avec une élongation maxima de l'œil; la probabilité en est sensiblement nulle.

b. On peut essayer de balayer plus lentement du regard l'horizon en faisant tourner la tête seulement, mais on constate aisément qu'on ne peut guère réduire la vitesse au-dessous de 15° à 20° par seconde, comme en *a*.

Cela montre qu'on doit écarter tout procédé de balayage, volontaire ou involontaire, et chercher au contraire à donner à l'œil pendant la recherche une orientation fixe, ou successivement deux (ou trois) orientations fixes, différant entre elles de 50° à 90°. A cet effet, le navigateur doit s'entraîner à maintenir son œil fixe pendant une durée supérieure à celle d'une éclipse entre deux éclats, afin que l'excitation reste localisée sur un territoire élémentaire de la rétine, qui perçoit intégralement l'éclat, et d'autant mieux que ce dernier est plus court. Cette fixation volontaire de l'œil peut être facilitée par la présence d'un repère faiblement lumineux placé dans l'axe utile ([10]). Quand le navigateur se rapproche du feu, les éclats brefs gagnent de plus en plus en efficacité par rapport aux éclats longs, par suite des phénomènes de renforcement (ou résonance) de la sensation étudiés par

([10]) Ce repère peut être réalisé, par exemple, soit par un petit tube contenant une substance phosphorescente, soit par une ou plusieurs perles polies éclairées par une faible source placée au-dessus ou derrière l'observateur; ce repère peut être porté par un bras mobile, permettant de le placer dans la direction présumée ou reconnue du feu plus ou moins oblique par rapport au plan de symétrie du navire ou de l'avion

Shelford Bidwell ([11]) et par Broca et Sulzer ([12]). Il peut même se produire des phénomènes de persistance d'impression; c'est pourquoi on ne voit pas de différence de durée entre des éclats de durée variant entre 0,05 et 0,2 seconde.

II. L'œil qui a découvert un feu en vision oblique cherche aussitôt instinctivement à en amener l'image sur son axe; la sensibilité y étant moindre, le seuil de la sensation peut n'être pas atteint pour un feu fixe; et un éclat de lumière brève, peut se trouver terminé avant la nouvelle fixation de l'œil. Si l'excitation directe de la fovéa exige un temps t pour que le produit Et atteigne la valeur nécessaire, il faut pour obtenir le même Et, après perception oblique exigeant un temps t_0 ([13]) et la rotation de l'œil, exigeant un temps t', que l'éclairement E dure $t_1 + t_0 + t'$. C'est probablement à ce phénomène qu'est due une impression que les éclats sont trop courts. Mais, en fait, on ne pourrait les augmenter que, soit en augmentant l'énergie dans le rapport $(t + t_0 + t')/t$ (solution coûteuse), soit, au contraire, en réduisant (par une majoration artificielle de la divergence du faisceau) l'éclairement à une valeur E' telle que $E'(t + t_0 + t') = Et$, ce qui ne laisserait disponible pour l'excitation de la fovéa que $(E't)$ au lieu de (Et); d'où réduction de la portée ([13]).

Le navigateur doit donc s'habituer à observer les éclats un peu obliquement jusqu'au moment où la réduction de la distance lui permet de les percevoir en vision directe pendant un éclat.

III. Pour réduire la fatigue de la fixation de l'œil entre les éclats, il est bon de réduire les intervalles d'obscurité dans les limites compatibles avec la dépense correspondante au poste émetteur. L'expérience a montré que l'intervalle ne doit pas dépasser 2 à 3 s. (au lieu de 5 s. autrefois) pour les éclats d'un même groupe (cas des phares maritimes). Ces chiffres doivent être évidemment réduits pour les navigateurs aériens; ils sont voisins des chiffres de 1 à 2,5 s. rappelés plus haut pour la durée de fixation absolue de l'œil sans fatigue.

Dans les phares maritimes, les groupes d'éclats sont séparés par des éclipses plus longues (7 s. par exemple), qui ont pour objets de bien préciser le caractère du feu et d'accumuler le flux lumineux; c'est surtout pendant ces longues éclipses qu'il est utile de faciliter le maintien de la fixation de l'œil par un repère.

([11]) Shelford Bidwell, *Curiosities of light and seeing*, Londres, 1899.

([12]) Broca et Sulzer, *Comptes rendus*, 134, 1902, p. 831, et 137, 1933, p. 944, 977 et 1046.

([13]) Y compris la durée du réflexe cérébral.

MÉTALLURGIE. — *Sur la définition de la* nuance *des aciers.* Note (¹) de M. **Georges Charpy**.

Le développement des procédés métallurgiques a multiplié presque indéfiniment le nombre des alliages désignés par le nom d'aciers, mais la terminologie employée pour caractériser ces métaux n'a pas encore acquis la précision nécessaire pour éviter toute confusion. Il semble donc indispensable de rattacher les divers mots employés dans les études métallurgiques à des déterminations expérimentales bien définies et d'effectuer les essais nécessaires pour fixer la précision que l'état actuel de la technique permet d'attribuer aux résultats ainsi obtenus.

Étant donné le nombre considérable des facteurs qui agissent sur les propriétés des aciers, et dont plusieurs ne peuvent actuellement faire l'objet de mesures précises, on utilise souvent encore pour caractériser les aciers des expressions transmises par la tradition et qui restent imparfaitement définies. Tel est le cas de ce qu'on appelle la *nuance* des aciers, que l'on qualifie, suivant les cas, de douce ou dure, ou demi-douce, extra-douce, etc. Quand on cherche à préciser cette notion, on est conduit à l'identifier avec la résistance à la rupture; un acier présentant une résistance à la rupture plus grande qu'un autre est dit de nuance plus dure, et inversement. Cette corrélation étant admise, on peut, en se basant sur l'étude expérimentale de la résistance à la rupture, chercher quelles conditions doivent être remplies pour que l'on puisse utiliser la notion de nuance, logiquement et sans ambiguïté.

On sait que la résistance (telle qu'on a l'habitude de l'évaluer, d'après les résultats de l'essai normal de rupture par traction) d'un fragment d'acier déterminé dépend, en dehors des conditions de l'essai (vitesse de traction, température etc.), de toutes les circonstances de la préparation du métal, mode de coulée et de prélèvement de l'échantillon, opérations mécaniques ou thermiques supportées par l'éprouvette etc. On ne peut donc parler de la résistance d'un acier, mais des diverses résistances que peut présenter cet acier suivant les conditions dans lesquelles il a été travaillé.

La notion de nuance, destinée à comparer les aciers entre eux, suppose

(¹) Séance du 10 mai 1937.

donc le choix d'un état sous lequel se fera la comparaison. Cet état doit être déterminé très minutieusement, car la résistance d'un acier peut présenter des différences importantes, comme conséquence de variations relativement minimes dans le mode de préparation des éprouvettes. Ces différences s'exagèrent dans le cas des aciers spéciaux, à tel point que la nuance paraît difficilement utilisable pour le classement de ces produits. Il n'en est probablement pas de même pour les aciers dits ordinaires, ou au carbone, à condition de ne pas négliger les observations qui précèdent.

Tout cela est bien connu, qualitativement, de la plupart des ingénieurs qui utilisent les métaux; mais il serait certainement très utile d'effectuer des essais comparatifs donnant des indications numériques sur l'influence de certains facteurs et la précision sur laquelle on peut compter dans les déterminations usuelles des propriétés des aciers.

Dans cet ordre d'idées, et à titre de simple indication, voici quelques chiffres relevés dans des expériences qu'il serait facile et intéressant de multiplier.

Dans 15 coulées d'acier, effectuées successivement dans les mêmes appareils, par le même personnel, en vue de fabriquer un même produit, et qui ont toutes, d'ailleurs, été jugées satisfaisantes pour l'emploi prévu, on a prélevé des éprouvettes de traction qui ont été préparées de façons identiques, et soumises exactement aux mêmes traitements, sauf sur un point; on a fait varier la vitesse de refroidissement après le dernier recuit de normalisation effectué à la température de 875°; on a obtenu ainsi, dans chaque coulée, des éprouvettes refroidies soit dans le four de recuit, soit à l'air calme, en dehors du four; ces deux techniques sont l'une et l'autre couramment employées, ainsi que d'autres donnant des vitesses de refroidissement intermédiaires pour le classement des aciers.

Les résistances observées s'échelonnent, pour la première série, entre $77^{kg},5$ et $84^{kg},5$, et, pour la deuxième série, entre $90^{kg},8$ et $96^{kg},5$. Le classement relatif des coulées dans les deux séries n'est pas exactement le même, mais les points extrêmes concordent; la différence entre les éprouvettes du même acier dans les deux séries ne descend pas au-dessous de $10^{kg},5$ et atteint 15^{kg} dans certains cas.

Pour ces aciers, qui représentent, il est vrai, les plus durs des aciers ordinaires d'usage courant, les écarts dus à des différences de vitesse de refroidissement correspondant à des techniques usuelles nettement distinctes de toute trempe, vont donc jusqu'à près de 20 pour 100 sur la résistance.

Des essais analogues sur des aciers moins résistants montrent des varia-

tions de même nature qui diminuent régulièrement, en même temps que la résistance elle-même, et sont de l'ordre de 5 à 6^{kg} pour les aciers à 60^{kg} de résistance, et de 2 à 3^{kg} pour les aciers à 40^{kg} de résistance.

On peut opérer de même pour rechercher l'influence de facteurs autres que la vitesse de refroidissement, par exemple, la température de chauffage etc. On trouve des écarts souvent inférieurs à ceux qui ont été cités plus haut, mais rarement négligeables.

Il importe donc de préciser dans ses moindres détails le mode opératoire qui définira l'état sous lequel on comparera les nuances d'acier. Il n'est pas toujours possible de baser le choix des conditions adoptées sur des considérations théoriques. Il faudra alors se baser sur de simples conventions, en cherchant surtout, par exemple, à pouvoir reproduire sûrement et facilement les conditions adoptées. Ainsi, entre les deux techniques citées plus haut, on sera conduit à donner la préférence à la seconde, parce qu'elle élimine l'influence du type de four employé.

D'autre part, quand on étudie les résultats d'essais tels que ceux qui viennent d'être indiqués, on ne trouve nulle part de particularité qui puisse justifier le groupement des aciers en un certain nombre de catégories dans chacune desquelles la nuance serait sensiblement uniforme, douce, demi-douce etc. Les aciers au carbone qu'on peut obtenir par les procédés usuels forment une gamme parfaitement continue, depuis le plus doux jusqu'au plus dur; toute considération d'un nombre limité de zones qui masquerait cette continuité ne peut que diminuer la précision des déductions basées sur la détermination expérimentale de la résistance. Il ne devrait donc plus être fait état, dans les études techniques ou scientifiques, des désignations qui remontent à une époque où l'on ne faisait pas encore de déterminations numériques.

MINÉRALOGIE. — *Nature minéralogique des argiles d'El Golea (Sahara).* Note de M. **Jacques de Lapparent.**

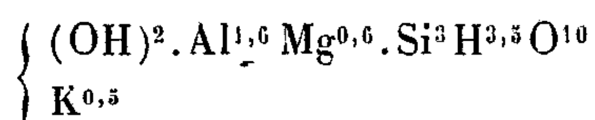
L'oasis d'El Golea développe, au Sahara, sa palmeraie au pied du grand plateau désertique dont l'individualité commence à s'affirmer nettement au Sud dans le Tadémaït. Des argiles et des marnes constituent le talus des gours qui forment une première marche du grand plateau dont un lambeau, séparé par érosion de la masse principale, supporte le vieux ksar de l'oasis. Leur âge géologique est le Cénomanien.

Les argiles sont de couleur verte; les marnes sont bigarrées, rouges et

vertes. Il y a passage des argiles aux marnes. De petits bancs, franchement calcaires, s'intercalent dans l'ensemble argilo-marneux ; ils témoignent de dépôts laguno-marins ; les argiles étant d'ailleurs plus ou moins gypsifères.

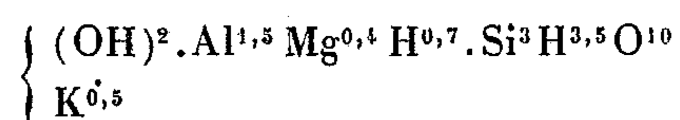
Ces argiles, utilisées par les Arabes comme terres à foulon, forment sous les gours trois niveaux principaux. Elles sont plus ou moins pures en ce sens que l'on trouve dans leur masse des micas et du sable feldspathique. Dans le but de fixer la nature de leur constituant essentiel, on a fait procéder à l'analyse (Raoult) de l'un des échantillons les plus purs où la proportion de mica est négligeable, l'analyse ayant été conduite de telle manière que le sable quartzo-feldspathique ait été, autant que faire se peut, éliminé.

Utilisant alors les données fournies par les radiogrammes Debye, *qui mettent nettement en évidence qu'il s'agit de phyllite à* 10 *angströms*, on peut écrire, à partir de l'analyse, la formule structurale suivante de l'argile en question



C'est une formule du type attapulgite (¹). Cependant la proportion de potasse y est forte : de l'ordre de 5 pour 100 ; très supérieure donc à celle des attapulgites théoriques qui, pour un même module formulaire, s'expriment par $K^{0,1}$. D'autre part le terme représentant la ceinture du « corset » figurant schématiquement l'édifice à 10 angströms est identique à celui d'un mica. On aurait donc affaire à une argile qu'on pourrait dire intermédiaire entre un mica et une attapulgite.

Un tel corps paraît bien analogue, sinon identique, à ce qui fut jadis décrit par Mallard sous le nom de Bravaisite et dont la formule serait, exprimée en édifice à 10 angströms,



(¹) L'attapulgite que nous avons décrite à partir de la terre d'Attapulgus en Géorgie (U. S. A.) est une phyllite à 10 angströms, ainsi qu'en témoignent nettement les radiogrammes Debye. C'est faute de se rendre à l'évidence de ce fait révélé, sans contestation possible, par la ligne à 10 angströms des radiogrammes que certains auteurs américains arrivent à confondre cette substance avec la montmorillonite qui, quant à elle, se détermine comme phyllite à 14 angströms. D'autre part, courbes thermiques et courbes de déshydratation sont caractéristiques de chacune de ces substances et ne permettent en aucune manière de les confondre.

A cette catégorie appartiendraient aussi les argiles des marnes keupériennes décrites en 1925 par M. Thiébaut dans sa thèse.

Aussi nous paraît-il qu'il y a lieu d'envisager à part tout un groupe de silicates phylliteux, assez fortement potassiques, ayant les qualités des argiles et qui correspondent, sans aucun doute, aux corps que l'on désigne en pays de langue anglaise sous le nom de *potash bearing clays* sans plus de précision. Nous appellerons *bravaisites* ces silicates, leur appliquant le nom donné par Mallard à la substance dont l'échantillon type est malheureusement perdu; et nous définirons les bravaisites comme édifices phylliteux alcalins à 10 angströms dont le module formulaire est en $Si^3H^{4-x}O^{10}$, où x a une valeur nécessairement inférieure à 1 et, le plus souvent, au plus égale à 0,5. Les bravaisites diffèrent ainsi des micas alcalins dont le module formulaire est en Si^3AlO^{10}. Les glauconies seraient des bravaisites particulièrement riches en fer.

Le caractère d'argile des substances analogues aux argiles d'El Golea est attesté par leur désagrégation spontanée dans l'eau. Dans le terme en $Si^3H^4O^{10}$ de la formule structurale de ces corps est réalisé le mixte silice-eau. Il semble que ce soit à ce mixte, avide d'eau, qu'est dû le gonflement de la substance lorsqu'on l'immerge : gonflement qui fait céder le *tenon* K, dont la force totale n'a que la moitié de la valeur de celle qu'elle a dans le mica.

L'évolution du mixte silice-eau vers un état comparable à celui de l'opale enlève aux bravaisites leur caractère d'argile, ou du moins peut-on dire alors que les sédiments qui en sont constitués deviennent des *argiles dures* sans possibilité de délit dans l'eau. Ainsi en est-il des argiles du Lias associées aux calcaires dolomitiques des régions provençales.

Les attapulgites proprement dites et leurs variétés très magnésiennes, les sépiolites, paraissent avoir eu pour origine des dépôts de bassins fermés désertiques. Les bravaisites dériveraient de dépôts lagunaires; mais leurs équivalents ferriques, les glauconies, sont d'origine marine. Les argiles d'El Golea sont donc à compter comme bravaisites typiques.

M. **Alexandre Guilliermond** fait hommage à l'Académie d'un Ouvrage intitulé *Précis de Biologie végétale*, qu'il a rédigé en collaboration avec M. Georges Mangenot.

ÉLECTIONS.

Par la majorité absolue des suffrages, M. **Maurice de Broglie** est élu Membre du Conseil de la Fondation Loutreuil en remplacement de M. *P. Janet* décédé.

PLIS CACHETÉS.

M. **H. Herscovici** demande l'ouverture d'un pli cacheté reçu dans la séance du 24 mai 1937 et inscrit sous le n° 11286.

Ce pli, ouvert en séance par M. le Président, contient une Note intitulée *L'Action des rayons X et infrarouges.*

(Renvoi à la Section de Médecine et Chirurgie.)

M. **Henri Mager** demande l'ouverture d'un pli cacheté reçu dans la séance du 11 septembre 1933 et enregistré sous le n° 10775.

Ce pli, ouvert en séance par M. le Président, contient une Note intitulée *Le Spectre normal des Corps simples.*

(Renvoi à la Section de Chimie.)

CORRESPONDANCE.

THÉORIE DES ENSEMBLES. — *Sur les systèmes multiplicatifs.* Note de M. **Ottokar Borůvka**, présentée par M. Élie Cartan.

1. Un système multiplicatif (système *m*) $\mathfrak{M}$ est un ensemble abstrait non vide pour lequel une multiplication *associative* a été définie. Pour désigner le produit et la somme de deux ensembles, dans le sens de la théorie des ensembles, nous utilisons les symboles $\bigcup$, $\bigvee$ et nous réservons

le signe . pour la multiplication. Le produit de deux éléments $a, b \in \mathfrak{M}$ est alors ab et la loi associative supposée s'exprime par la formule suivante : $(ab)c = a(bc)$ pour a, b, $c \in \mathfrak{M}$. A, B étant deux sous-ensembles de $\mathfrak{M}$, A, B, $C \subset \mathfrak{M}$, nous entendons par AB l'ensemble vide ($\emptyset$) si au moins un facteur jouit de cette propriété; autrement le symbole en question désigne l'ensemble de tous les $x \in \mathfrak{M}$ tels qu'il existe $a \in A$, $b \in B$, $x = ab$.

2. Soit $\mathfrak{M}$ un système m. Pour $\alpha = 1, 2, \ldots, \mathfrak{M}^\alpha$ est un sous-système m, et l'on a $\mathfrak{M} \supset \mathfrak{M}^2 \supset \mathfrak{M}^3 \supset \ldots$. Nous définissons les ensembles M_α, $\alpha = 1, 2, \ldots$, par les formules suivantes :

$$\mathfrak{M}^\alpha = M_\alpha \vee \mathfrak{M}^{\alpha+1}, \qquad M_\alpha \cap \mathfrak{M}^{\alpha+1} = \emptyset,$$

et nous appelons, en particulier, l'ensemble M_1 l'*excentre* et ses éléments les *facteurs primaires* du système $m . \mathfrak{M}$. On démontre que tout élément de M_α est le produit de α facteurs primaires convenables, mais il n'est pas le produit d'un nombre plus grand que α d'éléments de $\mathfrak{M}$.

3. Deux cas peuvent se présenter. Ou bien 1° il existe un nombre naturel β tel que $M_\alpha \neq \emptyset$ pour $1 \leq \alpha \leq \beta$ et $M_\alpha = \emptyset$ pour $\alpha \geq \beta + 1$. Dans ce cas les égalités suivantes ont lieu : $\mathfrak{M}^{\beta+1} = \mathfrak{M}^{\beta+2} = \ldots$; nous appelons *noyau* du système $m.\mathfrak{M}$ le sous-système $m.\mathfrak{M}^{\beta+1}$. Ou bien 2° on a $M_\alpha \neq \emptyset$ pour $\alpha = 1, 2, \ldots$. Dans ce cas nous disons que le système $m.\mathfrak{M}$ est *sans noyau* et nous écrivons $\mathfrak{M} = M_1 \vee M_2 \vee \ldots$.

Nous ne considérons dans la suite que les systèmes m sans noyau. Dans un tel système m l'élément-unité n'existe pas.

4. Soit $\mathfrak{M} = M_1 \vee M_2 \vee \ldots$ un système m sans noyau. Tout élément $a \in \mathfrak{M}$ étant dans un certain M_α, il lui est associé un nombre naturel α, nombre maximum de facteurs primaires de $\mathfrak{M}$ dont a est le produit. Nous appelons α l'*indice* de l'élément a. Il existe, évidemment, un élément d'indice α quel que soit le nombre naturel α. Le système $m.\mathfrak{M}$ s'appelle *homogène* si tout produit de α facteurs primaires, $\alpha = 1, 2, \ldots$, est de l'indice α. Autrement $\mathfrak{M}$ est *non-homogène*. L'exemple le plus simple d'un système m homogène est fourni par le système cyclique infini

$$\mathfrak{Z} = \{z, z^2, z^3, \ldots\}.$$

L'excentre de ce système m est donné, évidemment, par le facteur primaire unique z et, plus généralement, il n'y a qu'un seul élément z^α d'indice α, quel que soit le nombre naturel α. On démontre que le système $m.\mathfrak{M}^\alpha$ est non-homogène quels que soient le système m sans noyau $\mathfrak{M}$ et le nombre

naturel $\alpha > 1$. Tout système m sans noyau peut être immergé dans un système m non-homogène convenable.

5. Dans la théorie qui nous occupe la question de la représentation homomorphique de systèmes m sur le système cyclique $\mathfrak{Z}$ joue un rôle important. Si un système m est homomorphiquement représentable sur $\mathfrak{Z}$, il est nécessairement sans noyau. Nous dirons qu'une décomposition $M_1 = A_1 \vee A_2 \vee \ldots$ de son excentre M_1 est *génératrice* si $A_1 \neq \emptyset$ et si les ensembles de différents *poids* correspondants

$$A_1, \quad A_1^2 \vee A_2, \quad A_1^3 \vee A_1^2 A_2 \vee A_2 A_1^2 \vee A_3, \quad \ldots$$

sont disjoints deux à deux. On a alors le résultat que les représentations homomorphiques du système $m.\mathfrak{M}$ sur $\mathfrak{Z}$ et les décompositions génératrices de son excentre se correspondent biunivoquement. En particulier, le système $m.\mathfrak{M}$ est homomorphiquement représentable sur $\mathfrak{Z}$ dans le cas et dans le cas seulement où il existe une décomposition génératrice de son excentre. Si le système $m.\mathfrak{M}$ est homogène il est homomorphiquement représentable sur $\mathfrak{Z}$ de manière que les images des facteurs primaires de $\mathfrak{M}$ se confondent dans le facteur primaire unique de $\mathfrak{Z}$. Inversement, l'existence d'une telle représentation caractérise les systèmes m homogènes. Ainsi par exemple le système m dont les éléments sont des matrices carrées d'ordre $n(\geqq 1)$ et dont la multiplication est la composition habituelle de matrices est homogène s'il se trouve engendré par des matrices carrées d'ordre n jouissant de la propriété suivante : Toutes les matrices en question ont une matrice associée (compound), soit la $(1 \leqq) j (\leqq n)^{-\text{ième}}$, en commun, et les différentes puissances de cette dernière sont mutuellement distinctes. Quant aux systèmes m non-homogènes, il en existe bien qui sont homomorphiquement représentables sur $\mathfrak{Z}$. Mais, quels que soient le système $m.\mathfrak{M}$ et le nombre naturel $\alpha > 1$, le système $m.\mathfrak{M}^\alpha$ ne jouit pas de cette propriété. Par conséquent, les systèmes m non-homogènes qui sont des puissances supérieures à 1 d'autres systèmes m ont un caractère particulier en ce sens qu'un système m non-homogène donné n'est, en général, pas une puissance supérieure à 1 d'un système m convenable (1).

---

(1) Voir mon Mémoire *Studies on multiplicative systems*. Part I, *Publ. Fac. Sci. Univ. Masaryk* (sous presse).

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur un problème de Laguerre.* Note de M. **Michel Ghermanescu**, présentée par M. Paul Montel.

Considérons le développement taylorien de la fonction

$$f(x) = (1-a_1x)^{-\omega_1}(1-a_2x)^{-\omega_2}\dots(1-a_px)^{-\omega_p} = \sum_{\nu=0}^{\infty} c_\nu x^\nu,$$

où a_k et b_k désignent des constantes réelles, que nous préciserons dans la suite. Laguerre ([1]) a démontré que, lorsque les exposants ω_k sont des entiers positifs, les nombres réels a_k étant quelconques, le polynome

$$P_n(x) = c_0 + c_1x + \dots + c_nx^n$$

possède au plus un zéro réel.

M. L. Tchakaloff ([2]) a complété et étendu récemment ce théorème, dans le cas où les a_k et ω_k sont positifs quelconques, en démontrant que $P_n(x)$ n'a que des zéros simples, dont *un* au plus est réel (négatif). De la démonstration de M. L. Tchakaloff nous avons extrait presque tous les éléments nécessaires pour démontrer la proposition plus générale suivante :

Si les nombres a_k et ω_k sont positifs, les zéros non nuls du polynome

$$Q_{m,n}(x) = c_{m+1}x^{m+1} + c_{m+2}x^{m+2} + \dots + c_{m+n}x^{m+n}$$

sont simples, si n est impair, un seul d'entre eux étant réel (négatif).

Des hypothèses faites sur les a_k et ω_k on déduit que les c_i sont positifs et non nuls et, par suite, que $Q_{m,n}(x)$ ne saurait avoir de zéro réel et positif.

On déduit ensuite, de l'égalité (2bis) de M. L. Tchakaloff, la suivante :

$$M(x)\,Q_{m,n}(x) - N(x)\,Q'_{m,n}(x) = x^m\,W(x), \tag{1}$$

avec

$$W(x) = (m+n+1)\,c_{m+n+1}\,x^n\,U_{p-1}(x) - (m+1)\,c_{m+1}\,V_{p-1}(x). \tag{2}$$

$U_{p-1}(x)$ et $V_{p-1}(x)$ désignent ici des polynomes du $(p-1)^{\text{ième}}$ degré en x, n'ayant que des zéros simples, réels et positifs compris chacun

---

([1]) *Œuvres*, I, 1898, p. 108-118.

([2]) *Comptes rendus*, **204**, 1937, p. 842-844.

dans $(1/a_{k+1},\ 1/a_k)$,

$$U_{p-1}(x) = 1 - A_1 x + A_2 x^2 - \ldots + (-1)^{p-1} A_{p-1} x^{p-1} = \prod_{k=1}^{p-1} (1 - \alpha_k x) \qquad (\alpha_k > 0),$$

$$V_{p-1}(x) = 1 - B_1 x + B_2 x^2 - \ldots + (-1)^{p-1} B_{p-1} x^{p-1} = \prod_{k=1}^{p-1} (1 - \beta_k x) \qquad (\beta_k > 0),$$

dans lesquels A_i et B_i sont *tous positifs*.

On montre que signe $W(1/a_k) = (-1)^{p-k}$, donc que $W(x)$ possède $p-1$ zéros réels, séparés par ceux de $N(x)$, c'est-à-dire par $1/a_k$. De plus, comme $W(1/\alpha_k)$ et $W(1/\beta_k)$ sont de même signe, on déduit que les zéros précédents de $W(x)$ sont compris dans les intervalles $(1/a_{k+1},\ 1/a_k)$, extérieurement aux intervalles $(1/\alpha_k,\ 1/\beta_k)$ formés par les zéros des polynomes $U_{p-1}(x)$, $V_{p-1}(x)$.

Supposons maintenant n impair. On trouve $W(-\infty) = -\infty$, $W(0) < 0$, et, comme $W'(x) > 0$ pour $x \gtreqless 0$, il s'ensuit que $W(x)$ n'a aucun zéro négatif ou nul.

Si $Q_{m,n}(x)$ avait un zéro double, il se trouverait parmi ceux de $W(x)$, ce qui est impossible, d'après la dernière remarque.

Soit α un zéro négatif de $Q_{m,n}(x)$. On déduit aisément que $Q'_{m,n}(\alpha)$ a le signe de $(-1)^m$. Pour deux zéros consécutifs $Q_{m,n}(x)$, la dérivée $Q'_{m,n}(x)$ aurait donc le même signe, ce qui est impossible et la proposition est ainsi démontrée.

2. M. Paul Montel ayant bien voulu nous signaler que notre proposition précédente s'étend à toute combinaison

$$Q_{m,n}(x) = P_{m+n}(x) + \lambda P_m(x)$$

dans les deux hypothèses λ négatif et n impair, ou λ positif et n pair, nous avons été conduit à la proposition assez générale suivante :

Les zéros du polynome

$$Q(x) = \lambda_1 P_{m_1}(x) + \lambda_2 P_{m_2}(x) + \ldots + \lambda_r P_{m_r}(x)$$

sont simples, un au plus étant réel, lorsque a_k, ω_k, $\mu_k = \sum_{i=0}^{k} \lambda_{r-i}$ *sont des nombres positifs et les nombres* $(-1)^{m_i - m_1}\lambda_i$ *de même signe.*

De l'hypothèse que a_k, ω_k, μ_k sont positifs, on déduit que le polynome $Q(x)$ ne peut avoir de zéro positif. On déduit ensuite de l'égalité (2 *bis*) de M. L. Tchakaloff, la suivante :

$$M(x)\,Q(x) - N(x)\,Q'(x) = x^{m_1}\,W(x) \tag{3}$$

avec

$$(4)\quad \left\{\begin{aligned} &W(x) = \lambda_1\gamma_1 U_1(x) + \lambda_2\gamma_2 x^{m_2-m_1} U_2(x) + \ldots + \lambda_r\gamma_r x^{m_r-m_1} U_r(x),\\ &U_i(x) = 1 - A_{i1}x + A_{i2}x^2 + \ldots + (-1)^{p-1} A_{i,p-1} x^{p-1},\\ &A_{ij} > 0, \qquad \gamma_i = (m_i+1)C_{m_i+1},\end{aligned}\right.$$

les polynomes $U_i(x)$ ayant leurs zéros réels et simples, séparés par les $1/a_k$. De la dernière hypothèse, on déduit

$$\text{signe } W(-\infty) = \text{signe } W(0) = \text{signe } (-1)^{m_r-m_1}\lambda_r$$

et

$$\text{signe } W'(x) = \text{signe } (-1)^{m_i-m_1-1}\lambda_i \qquad \text{pour } x \leqq 0,$$

donc $W(x)$ n'a pas de zéro négatif ou nul. On achève la démonstration comme plus haut.

On déduit encore que $W(x)$ possède $p-1$ zéros séparés par les $1/a_k$ et l'on en tire aussi une limite supérieure du nombre des zéros multiples de $Q(x)$, s'il y en a (lorsque la dernière condition n'est pas satisfaite).

THÉORIE DES GROUPES. — *Sur la multiplication des caractéristiques des groupes continus et semi-simples.* Note de M. **Richard Brauer**, présentée par M. Élie Cartan.

Soit $\mathfrak{G}$ un groupe quelconque, soient χ_1 et χ_2 les caractéristiques de deux représentations linéaires de $\mathfrak{G}$. Le produit $\chi_1\chi_2$ sera aussi une caractéristique et sera donc une combinaison linéaire des caractéristiques irréductibles de $\mathfrak{G}$. Dans le cas d'un groupe d'ordre fini, on ne connaît pas de loi explicite de cette nature. Il paraît remarquable que, dans le cas d'un groupe continu et semi-simple, il existe une représentation simple du produit de deux caractéristiques ([1]). Je donnerai de ce théorème une démonstration qui s'appuie sur la théorie générale des groupes semi-simples ([2]).

Nous choisissons les paramètres principaux $\lambda_1, \lambda_2, \ldots, \lambda_l$ du groupe continu et semi-simple $\mathfrak{G}$ de la manière employée par Weyl (*loc. cit.*),

---

([1]) Cette formule est donnée pour le groupe unimodulaire et les groupes orthogonaux dans ma Thèse, Berlin, 1925; pour le groupe d'un complexe linéaire dans la Thèse de Mohr, Göttingen, 1933.

([2]) Voir la Thèse de E. Cartan, Paris, 1894 (2e éd., Vuibert, 1933); H. Weyl, *Math. Zeits.*, **23**, 1925, p. 271; **24**, 1925, p. 328 et p. 789; E. Cartan, *Annali di Matematica*, 4e série, **4**, 1927, p. 209; **5**, 1928, p. 253.

Chapitre III, paragraphe 4. Alors les poids de toutes les représentations linéaires sont des formes linéaires à coefficients entiers. En particulier, il en est ainsi pour les racines α du groupe $\mathfrak{G}$.

Nous posons

$$\Delta = \Pi(e^{\alpha} - 1),$$

le produit s'étendant à toutes les racines positives α de $\mathfrak{G}$. Soit $e^{r_1\lambda_1+\ldots+r_l\lambda_l}$ le terme dominant de Δ.

Le groupe $\mathfrak{G}$ détermine un groupe (S) de transformations linéaires de l'espace $(\lambda_1, \lambda_2, \ldots, \lambda_l)$; l'ordre s de (S) est fini. Les éléments S de (S) transforment Δ en Δ ou en $-\Delta$. Nous posons $\delta_S = 1$ dans le premier cas et $\delta_S = -1$ dans le deuxième.

Soient $k_1, k_2, \ldots, k_l$ un système de nombres entiers et $\Phi = k_1\lambda_1 + \ldots + k_l\lambda_l$. Considérons les expressions

$$\xi(k_1, \ldots, k_l) = \sum_{\text{S dans (S)}} \delta_S e^{S\Phi}, \qquad \chi(k_1, \ldots, k_l) = \frac{\xi(k_1, \ldots, k_l)}{\Delta}.$$

S'il y a un S dans (S) avec $\delta_S = -1$ laissant Δ invariant, nous trouverons $\chi(k_1, \ldots, k_l) = 0$. Sinon, il y a un élément $\overline{S}$ dans (S) pour lequel $\overline{S}\Phi = m_1\lambda_1 + \ldots + m_l\lambda_l$ est supérieur à tous les autres $S\Phi$. Alors $\delta_{\overline{S}}\chi(k_1, \ldots, k_l)$ est égal à la caractéristique irréductible qui appartient au poids dominant $(m_1 - r_1)\lambda_1 + \ldots + (m_l - r_l)\lambda_l$.

Cela posé, nous pouvons formuler la loi de multiplication des caractéristiques. Soit Ω une caractéristique quelconque de $\mathfrak{G}$,

$$\Omega = \sum_{(\tau)} e^{\tau_1\lambda_1+\ldots+\tau_l\lambda_l}. \tag{1}$$

La somme s'étend ici à un certain système T de points $(\tau) = (\tau_1, \ldots, \tau_l)$ à coordonnées entières, dont certains peuvent figurer plusieurs fois. On a

$$\chi(k_1, \ldots, k_l)\Omega = \sum_{(\tau) \text{ dans T}} \chi(k_1 + \tau_1, \ldots, k_l + \tau_l). \tag{2}$$

Pour prouver ce théorème, considérons la caractéristique irréductible $\chi(h_1, \ldots, h_l)$ appartenant au poids dominant

$$(h_1 - r_1)\lambda_1 + \ldots + (h_l - r_l)\lambda_l.$$

Posons $\Psi = h_1\lambda_1 + \ldots + h_l\lambda_l$ et $\lambda_\mu = 2\pi i\varphi_\mu$. La caractéristique $\chi(h_1, \ldots, h_l)$

apparaît N fois au premier membre de (2), N étant donné par l'intégrale

$$N = \frac{1}{s}\int_0^1 \cdots \int_0^1 \chi(k_1, \ldots, k_l).\Omega.\overline{\chi(h_1, \ldots, h_l)}\Delta\bar{\Delta}\, d\varphi_1 \ldots d\varphi_l.$$

L'expression sous le signe d'intégration est égale à

$$\xi(R_1, \ldots, R_l).\Omega.\overline{\xi(h_1, \ldots, h_l)} = \Sigma\,\partial_{S_1}\partial_{S_2} e^{S_1\Phi - S_2\Psi + \tau_1\lambda_1 + \ldots + \tau_l\lambda_l},$$

la somme s'étendant à tous les éléments S_1 et S_2 de (S) et tous les points (τ) de T.

Désignons par sN_1 le nombre des couples d'éléments S_1, S_2 avec $\partial_{S_1}\partial_{S_2} = 1$ pour lesquels une équation

$$(3) \qquad S_1\Phi + \Sigma\tau_\mu\lambda_\mu = S_2\Psi \qquad [(\tau_1, \ldots, \tau_l) \text{ dans } T]$$

est vraie. De même, soit sN_2 le nombre des solutions S_1, S_2 de l'équation (3) avec $\partial_{S_1}\partial_{S_2} = -1$. Nous voyons que $N = N_1 - N_2$. Manifestement, N est le nombre des éléments S avec $\partial_S = 1$ qui satisfont à une relation

$$(4) \qquad S(\Phi + \tau'_1\lambda_1 + \ldots + \tau'_l\lambda_l) = \Psi \qquad [(\tau'_1, \ldots, \tau'_l) \text{ dans } T].$$

De même, N_2 est le nombre des éléments S avec $\partial_S = -1$ qui satisfont à (4).

Cherchons maintenant la multiplicité de la caractéristique

$$\chi(h_1, h_2, \ldots, h_e)$$

dans le deuxième membre de l'équation (2). Évidemment, nous trouvons le même nombre $N_1 - N_2$. Le théorème est donc établi.

Considérons le cas particulier $k_1 = r_1, \ldots, k_l = r_l$. La caractéristique $\chi(r_1, \ldots, r_l)$ est égale à 1, et nous obtenons

$$(5) \qquad \Omega = \sum_{(\tau) \text{ dans } \tau} \chi(r_1 + \tau_1, \ldots, r_l + \tau_l).$$

La formule (5) permet d'exprimer une caractéristique quelconque Ω, (1) par les caractéristiques irréductibles. Spécialement, nous pourrons trouver la multiplicité de la caractéristique $\chi(r_1, \ldots, r_l) = 1$ dans Ω. Cela fournit une détermination du nombre des invariants de $\mathfrak{G}$ appartenant à une représentation donnée.

THÉORIE DES GROUPES. — *Opérations multiformes. Hypergroupes.* Note [1] de M. **Kuntzmann**, présentée par M. Gaston Julia.

Soit un ensemble E et entre les éléments de cet ensemble une opération multiforme et imparfaite, c'est-à-dire pouvant donner plusieurs résultats ou aucun ab, $a/b|$, $a/\|b$ représentent respectivement l'opération elle-même, l'ensemble des x tels que $xb \supset a$, l'ensemble des x tels que $bx \supset a$.

A. Chacune des conditions suivantes entraîne les trois autres :

$$\frac{\;\frac{a}{c|}\;}{b|} \supset \frac{a}{bc|}, \qquad \frac{\;\frac{a}{b|}\;}{|c} \supset \frac{\;\frac{a}{|c}\;}{b|}, \qquad \frac{a}{|bc} \supset \frac{\;\frac{a}{|b}\;}{|c} \qquad (ab)c \supset a(bc).$$

On peut également remplacer partout $\supset$ par $\subset$ ou par $=$. Dans ce dernier cas on dit qu'il y a associativité.

B. Pour que l'on ait l'une quelconque des conditions

$$\frac{ab}{c|} \subset a\left(\frac{b}{c|}\right), \qquad \frac{ab}{|c} \subset \left(\frac{a}{|c}\right)b, \qquad \frac{ab}{c|} \subset \frac{a}{\left.\frac{c}{b|}\right|}, \qquad \frac{ab}{|c} \subset \frac{a}{\left|\frac{c}{|b}\right.},$$

il faut et il suffit que $ab \cap cd$ non vide entraîne $a/c| \cap d/\|b$ non vide.

C. Pour que l'on ait l'une quelconque des conditions B changées de sens il faut et il suffit que $a/c| \cap d/\|b$ non vide entraîne $ab \cap cd$ non vide.

Hypergroupes. — Ce sont des systèmes tels que

1° il y a un élément $e/ae = ea = a$ pour tout a;

2° tout élément a possède une inverse $\bar{a}$ qui est la seule solution de chacune des équations

$$xa \supset e, \qquad ax \supset e;$$

3° il y a associativité. L'opération n'est pas supposée parfaite mais cela résulte de la définition.

Ces hypergroupes sont exactement ceux de M. Marty [2].

Un *hypergroupe spécial* sera un système satisfaisant à 1°, 2°, et à l'une où l'autre des conditions trouvées en B, ou en C, qui sont équivalentes dans le cas actuel et entraînent 3°.

On peut définir les sous-hypergroupes (S. H. G.) et les classes suivant

---

[1] Séance du 19 mai 1937.

[2] *Annales de l'École Normale*, 53, 1936, p. 83.

un S. H. G. La classe à gauche de a est l'ensemble des ag (g dans le S. H. G.).

Dans un hypergroupe spécial on a les propriétés suivantes $ax \supset b$ a pour solutions les éléments ab.

Deux classes qui ont un élément commun coïncident. Le nombre des classes à droite est égal au nombre des classes à gauche.

Un S. H. G. est dit invariant si les classes à droite et à gauche coïncident.

On démontre pour les S. H. G. invariants les mêmes propriétés que pour les sous-groupes invariants :

Les classes forment un hypergroupe qui est dit hypergroupe quotient. On le désigne par g/g_1.

Si g_1 est invariant $g_1 g_2/g_1 = g_2/g_1 \cap g_2$.

On en déduit le théorème de Jordan Hölder.

Exemples d'hypergroupes spéciaux : hypergroupe des catégories gag, hypergroupe des classes de conjugués xax^{-1}.

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Sur le problème de Dirichlet.* Note de MM. **M. Keldych** et **Michel Lavrentieff**, présentée par M. Paul Montel.

1. Soit $\mathcal{D}$ un domaine de l'espace $M(x, y, z)$ limité par une surface jordanienne S, simple et fermé. Considérons deux suites de domaines

$$\mathcal{D}_1^{(1)},\ \mathcal{D}_2^{(1)},\ \ldots,\ \mathcal{D}_n^{(1)},\ \ldots;\quad \mathcal{D}_1^{(2)},\ \mathcal{D}_2^{(2)},\ \ldots,\ \mathcal{D}_n^{(2)},\ \ldots,$$

limités par des surfaces analytiques, $\mathcal{D}_k^{(i)}$ par $S_k^{(i)}$ et telles que les $S_k^{(1)}$ sont extérieures à $\overline{\mathcal{D}} = \mathcal{D} + S$, les $S_k^{(2)}$ sont intérieures à $\mathcal{D}$, les $S_k^{(1)}$ et $S_k^{(2)}$ convergent uniformément (au sens de M. Fréchet) vers S pour $k \to \infty$. Attachons à chaque fonction continue $\varphi(x, y, z)$ deux suites de fonctions harmoniques

$$P_1^{(1)}(M, \varphi),\ P_2^{(1)}(M, \varphi),\ \ldots,\ P_n^{(1)}(M, \varphi),\ \ldots;$$
$$P_1^{(2)}(M, \varphi),\ P_2^{(2)}(M, \varphi),\ \ldots,\ P_n^{(2)}(M, \varphi),\ \ldots,$$

où la fonction $P_k^{(i)}(M, \varphi)$ est définie et harmonique dans $\mathcal{D}_k^{(i)}$ et coïncide avec $\varphi(M)$ sur la surface $S_k^{(i)}$.

Les suites $P_k^{(1)}$ et $P_k^{(2)}$ convergent vers deux fonctions harmoniques dans $\mathcal{D}$, soit $P^{(1)}(M, \varphi)$ et $P^{(2)}(M, \varphi)$ (1).

(1) Les fonctions $P^{(1)}$ et $P^{(2)}$ ne dépendent que des valeurs de φ sur S.

Définitions. — Nous dirons qu'un point M_0 de $\overline{\mathcal{D}}$ est un *point de stabilité* pour le problème de Dirichlet dans $\mathcal{D}$, si, quelle que soit la fonction continue φ, les valeurs limites de $P^{(1)}(M, \varphi)$ et $P^{(2)}(M, \varphi)$, pour $M \rightarrow M_0$, existent et sont égales.

S'il existe un point de stabilité intérieur à $\mathcal{D}$, alors chaque point intérieur à $\mathcal{D}$ est un point de stabilité; dans ce cas nous dirons que le problème de Dirichlet est stable à l'intérieur de $\mathcal{D}$.

Si chaque point de S est un point de stabilité, on peut démontrer que la suite $P_n^{(1)}(M, \varphi)$ converge uniformément vers φ sur S. Dans ce cas nous dirons que le problème de Dirichlet est stable dans le domaine fermé $\overline{\mathcal{D}}$.

2. Indiquons quelques résultats concernant la stabilité du problème de Dirichlet.

Théorème I. — *Pour qu'un point régulier de* S (*par rapport au problème de Dirichlet*) *soit un point de stabilité, il est suffisant que le problème de Dirichlet soit stable à l'intérieur de* $\mathcal{D}$.

Corollaire. — *Pour que le problème de Dirichlet soit stable dans le domaine fermé* $\overline{\mathcal{D}}$, *il faut et il suffit* 1° *que le problème de Dirichlet soit toujours possible dans* $\mathcal{D}$; 2° *que ce problème soit stable à l'intérieur de* $\mathcal{D}$.

Théorème II. — *Pour que le problème de Dirichlet soit stable à l'intérieur de* $\mathcal{D}$, *il est nécessaire et suffisant que l'ensemble des points d'instabilité de* S *soit de mesure harmonique nulle.*

Remarquons que chaque ensemble de points de S que l'on peut enfermer dans un système de sphères, dont la somme de diamètres est aussi petite que l'on veut, est de mesure harmonique nulle.

Théorème III. — *Il existe un domaine* $\mathcal{D}$, *dont la frontière* S *est une surface jordanienne d'aire finie et telle que le problème de Dirichlet est toujours possible dans* $\mathcal{D}$ *et est instable à l'intérieur de* $\mathcal{D}$.

De plus, le domaine $\mathcal{D}$ peut être construit de telle manière que l'ensemble E des points d'instabilité soit un ensemble de mesure superficielle nulle. D'après le théorème II, cet ensemble E est de mesure harmonique positive.

3. Soit E un ensemble ouvert, $E_1, E_2, \ldots, E_n, \ldots$ une suite d'ensembles ouverts convergeant vers E; E_n est contenu dans E et sa frontière S_n est formée d'un nombre fini de surfaces analytiques deux à deux sans points communs. Désignons par V_n la fonction harmonique, définie à l'extérieur de $E_n + S_n$, s'annulant à l'infini et se réduisant à l'unité sur S_n. Nous appelons *capacité intérieure* de l'ensemble ouvert E le nombre λ défini par

l'égalité

$$\lambda = \lim \frac{1}{4\pi} \iint \frac{dV_n}{d\nu} d\sigma,$$

ν étant la normale intérieure de S_n.

THÉORÈME IV. — *Soit* M *un point frontière du domaine* $\mathcal{D}$. *Désignons par* λ_k *la capacité intérieure de l'ensemble des points non situés dans* $\overline{\mathcal{D}} = \mathcal{D} + S$ *et dont la distance à* M *est comprise entre* $1/2^k$ *et* $1/2^{k-1}$. *Alors*, M *est un point de stabilité ou non suivant que la série de terme général* $\lambda_k/2^k$ *diverge ou converge*.

4. La notion de stabilité du problème de Dirichlet est en rapport direct avec le problème de la représentation des fonctions par des séries de polynomes harmoniques.

THÉORÈME V. — *Lorsque le problème de Dirichlet est possible dans* $\mathcal{D}$, *pour que chaque fonction continue dans* $\overline{\mathcal{D}}$ *et harmonique dans* $\mathcal{D}$ *soit la limite d'une suite de polynomes harmoniques uniformément convergente dans* $\overline{\mathcal{D}}$, *il faut et il suffit que le problème de Dirichlet soit stable dans le domaine fermé* $\overline{\mathcal{D}}$.

MÉCANIQUE DES FLUIDES. — *Sur la détermination des trajectoires des particules d'eau dans l'écoulement à travers une pompe centrifuge.* Note de MM. **P. Dupuis, H. Guillemet** et **André Martinot-Lagarde**, présentée par M. Henri Villat.

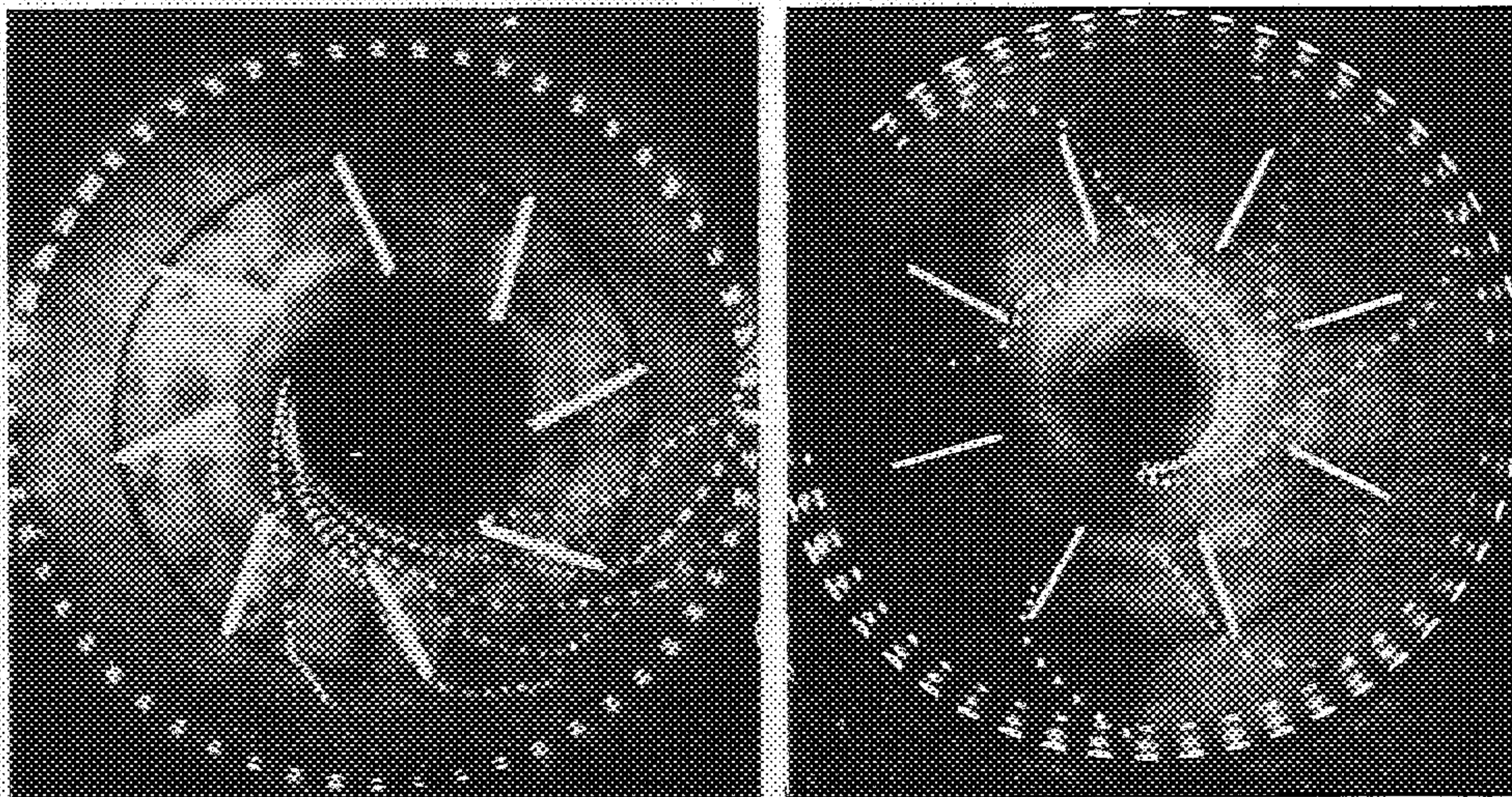
Pour vérifier localement le bon fonctionnement d'une pompe, on cherche à déterminer la distribution de la vitesse de l'eau, spécialement, à l'entrée et à la sortie la vitesse par rapport au carter de la pompe (dite pour abréger *vitesse absolue*), et dans l'espace balayé par la roue la vitesse par rapport à la roue (dite pour abréger *vitesse relative*).

Par chronophotographie de grains de densité voisine de celle de l'eau, nous avons obtenu les trajectoires absolues approchées des particules d'eau; puis pour éviter la reconstitution, aisée mais longue, des trajectoires relatives correspondantes, nous avons déterminé celles-ci directement (*fig.* 1 et 2) par chronophotographie sur plaque tournante.

Dispositif expérimental. — Comme grains ayant, pour éviter les chocs au bord d'attaque des pales, une densité légèrement inférieure à celle de l'eau, nous avons choisi des grains d'acide stéarique, blancs sur fond noir.

La pompe est du type centrifuge; le diamètre de la roue est 300^{mm} et

celui de l'ouïe 160^{mm}. L'axe est vertical, la roue au-dessus de l'arbre, les pales fixées sur la joue inférieure, la joue supérieure soit transparente, soit inexistante. Le flan supérieur du carter est en glace, percée d'un trou qui forme l'ouïe.



Trois modèles de roue ont été essayés, sans volute à la sortie. Le nombre de Reynolds réalisé,

$$\frac{(\text{diamètre de l'ouïe}) \times (\text{vitesse périphérique})}{(\text{viscosité cinématique})},$$

était voisin de 500000.

L'eau est mue en circuit fermé dans une cuve de 1^m de diamètre. A la sortie de la pompe elle traverse un diaphragme qui sert à la mesure globale du débit et au réglage de l'orifice équivalent. Après son passage dans un redresseur, l'eau revient à l'ouïe avec une faible turbulence et sans rotation d'ensemble.

L'éclairage est réalisé par des lampes à incandescence survoltées.

Le faisceau lumineux incident est coupé, devant l'objectif, par un obturateur tournant; l'ordre de grandeur de la durée des instantanés et des coupures est fixé par le temps que met un grain à avancer de son diamètre, soit 0,001 à $0,003^s$. Ayant obtenu un bon contraste entre les grains et le fond noir jusqu'à un temps de pose de $0^s,1$ environ, nous avons choisi une durée de coupure double de la durée des instantanés, pour qu'une prise de vue puisse durer $0^s,3$, temps mis par un grain pour traverser la pompe.

Les obturateurs normaux des appareils photographiques sont déclenchés électriquement par le dispositif d'émission des grains.

Trajectoires absolues. — L'appareil photographique est placé au-dessus; une portion de la plaque est impressionnée par une image directe c'est-à-dire une projection horizontale, l'autre par une image après réflexion sur un miroir situé dans l'eau, c'est-à-dire une projection sur un plan voisin de la verticale. Un point blanc laissé sur la roue, sert de repère de temps.

Trajectoires relatives. — La plaque tourne seule, son axe de rotation confondu avec l'axe de la roue, et passant par le centre optique de l'objectif. L'étanchéité à la lumière est réalisée par chicanes.

Dans la traversée de la pompe, une même particule ne sort pas d'un secteur égal au plus au tiers du champ : aussi avons-nous pu augmenter le contraste en cachant les deux tiers de la pompe par un écran fixe. Un point blanc, laissé sur le carter, sert de repère de temps.

Mesure des vitesses. — Si l'on appelle vitesse réduite le rapport d'une vitesse à la vitesse périphérique de la roue, les photographies en projection horizontale donnent immédiatement la vitesse horizontale réduite, avec une erreur de ± 2 pour 100 près, due à l'incertitude sur la cote des grains.

Une seule photographie sur plaque tournante donne, pour telle roue sous tel orifice équivalent, une famille de trajectoires horizontales relatives, d'où résultent les angles d'entrée et de sortie, les zones de sillage des pales.

La double photographie sur plaque fixe permettrait de reconstituer la trajectoire absolue dans l'espace, donc de préciser la composante horizontale de la vitesse, et de déterminer la composante verticale. On voit si les trajectoires sont méridiennes au voisinage de l'ouïe, s'il y a contraction après l'ouïe, si dans la roue le courant décolle de la joue située du côté de l'ouïe.

Dans les pompes d'autres types, où la vitesse réduite dans l'ouïe est plus petite, les pales ne sont pas des portions de cylindres parallèles à l'axe : la même méthode serait applicable, à condition que les pales elle-mêmes soient transparentes.

MÉCANIQUE DES FLUIDES. — *Nouvelle méthode pour la mesure des débits à travers une conduite placée dans un courant d'air de vitesse uniforme.* Note de M. **Jacques Valensi**, présentée par M. Henri Villat.

Les mesures de débit se font habituellement en déterminant la répartition de la vitesse sur l'étendue d'une section droite de la conduite, en

particulier sur l'étendue de la section de sortie; une intégration donne le débit. Un tel procédé de mesure est d'application très laborieuse, il est en outre éminemment critiquable : d'une part en effet, les appareils anémométriques perturbent l'écoulement dans la conduite, d'autre part, les mesures sont effectuées dans des régions où le courant d'air est forcément turbulent, et l'interprétation des indications anémométriques est douteuse.

La méthode des fumées, telle que nous l'avons décrite ici à plusieurs reprises, fournit cependant un moyen très simple, très expéditif et de grande précision pour la mesure des débits.

Suffisamment en amont de la conduite, pratiquement à une distance de la section frontale de l'ordre de la plus grande dimension linéaire de cette section, le mouvement de l'air est rectiligne et uniforme : la mesure consiste à délimiter dans cette région une section droite du tube de courant qui pénètre à l'intérieur de la conduite. Le produit de la surface de cette section par la vitesse uniforme du courant (aisément mesurée à l'aide d'un Pitot) et par la masse spécifique de l'air donne évidemment le débit masse traversant la conduite.

Les chiffres ci-après concernent les mesures que, pour établir la méthode, nous avons effectuées dans le cas suivant :

La conduite est constituée par une boîte prismatique ouverte aux deux bouts, de section rectangulaire $200^{mm} \times 100^{mm}$, de longueur 490^{mm}.

Les parois de la boîte sont constituées par des planches d'une épaisseur de 22^{mm} dont les extrémités sont profilées à la façon d'une aile d'avion, ceci afin que l'écoulement de l'air autour des parois s'effectue sans décollement appréciable (au moins au voisinage de la section frontale).

Suivant quatre sections normales de la boîte, distantes entre elles de 100^{mm} environ, la première et la dernière étant à 100^{mm} environ des sections extrêmes de la boîte, peuvent être placés quatre châssis porteurs de toile métallique, de tôle perforée, ou de tout autre dispositif créant une obstruction partielle du conduit intérieur. La suspension de la boîte, dans le courant d'air de la soufflerie que nous utilisons, permet la mesure de la traînée de la boîte.

Une exploration préalable à l'aide d'un Pitot a montré que dans l'étendue d'une section normale de la veine située à 220^{mm} de la section d'entrée de la boîte, la vitesse restait constante. Nous avons alors placé l'extrémité d'un tube émetteur de fumée, légèrement en amont de cette section et nous avons constaté que dans cette région le tube de courant pénétrant dans la boîte était de section très sensiblement rectangulaire; il suffit dès lors pour avoir la surface de cette section d'en mesurer la hauteur et la largeur : cette mesure s'effectue sans difficulté en déplaçant convenablement le tube émetteur de fumées dans le plan vertical de symétrie de la boîte, puis dans le plan horizontal de symétrie de la boîte. L'erreur relative dans cette mesure de surface est, dans le cas particulier choisi, inférieure à 2 pour 100.

Les mesures ont été effectuées avec diverses combinaisons de châssis, les châssis étant garnis :

1° d'une toile métallique de caractéristiques suivantes : diamètre des fils $0^{mm},32$, (surface vide)/(surface totale) = 0,594.

2° d'une tôle d'épaisseur $0^{mm},10$, perforée de trous circulaires de diamètre $2^{mm},25$, (surface vide)/(surface totale) = 0,31.

3° d'une tôle d'épaisseur $0^{mm},10$, perforée de trous circulaires de diamètre $6^{mm},5$, (surface vide)/(surface totale) = 0,43.

Le tableau ci-dessous comporte les coefficients de traînée de la boîte, avec ou sans châssis, rapportés à la section intérieure de la boîte, c'est-à-dire à la surface des châssis; les coefficients de débit q exprimant le rapport des sections du tube de courant à la section intérieure de la boîte.

	Nombre de châssis....	0.	1.	2.	3.	4.
1	q..........	0,965	0,688	0,626	0,58	0,55
	C_x.........	0,137	0,495	0,566	0,586	0,590
2	q..........	0,965	0,426	0,362	0,346	0,334
	C_x.........	0,137	0,583	0,580	0,575	0,574
3	q..........	0,965	0,575	0,494	0,464	0,453
	C_x.........	0,137	0,594	0,602	0,600	0,604

(Les mesures ont été effectuées à la vitesse de 22 m/s.)

La méthode pourra être appliquée sans aucune difficulté, notamment aux importants cas pratiques suivants :

mesure des coefficients de débit des toiles métalliques;
mesure des coefficients de débit des radiateurs des moteurs d'avion ou d'automobile;
mesure des coefficients de débit des capotages de moteurs d'avion à refroidissement par l'air.

MÉCANIQUE DES FLUIDES. — *Sur la stabilisation automatique des avions.* Note de M. **René Hirsch**, présentée par M. Henri Villat.

La stabilisation automatique des avions peut être définie comme la recherche, en dehors de toute intervention du pilote :

a) en premier lieu, de la stabilité de l'avion, repéré par ses axes de référence, sur la trajectoire parcourue par son centre de gravité.

b) en second lieu, d'une trajectoire rectiligne, indépendante des perturbations de l'atmosphère, et correspondant à un mouvement rectiligne uniforme du centre de gravité.

Jusqu'à ces dernières années, on ne s'est guère astreint à résoudre que le premier problème, en établissant des avions indéformables, sur lesquels prennent naissance, à la rencontre d'une perturbation atmosphérique, des efforts tendant à leur conserver une position toujours la même, vis-à-vis de la direction du vent relatif.

Nous nous sommes proposé d'envisager le deuxième problème et d'examiner les moyens de soustraire automatiquement le centre de gravité, aux accélérations auxquelles il est exposé, par suite des variations d'état de l'atmosphère.

Considérons un aileron de courbure articulé sur une charnière portée par la voilure principale. La forme des lois de variation de la valeur du moment de charnière M, révélée dès 1928 par M. Toussaint, est très simple : c'est une fonction linéaire

de la pression dynamique $aV^2/2g$;
de l'incidence i de l'aile;
du braquage τ de l'aileron.

Pour un profil biconvexe symétrique

$$M = \frac{aV^2}{2g} S l \sigma^2 C_{m_c} \qquad \text{avec} \quad C_{m_c} = ni + p\tau,$$

où

a est le poids spécifique de l'air;
g est l'accélération de la pesanteur;
V est la vitesse, i l'incidence de l'aile;
S la surface de l'aile, l sa profondeur;
σ la profondeur relative de l'aileron de courbure et τ son braquage;
n, p sont des coefficients numériques dépendant de σ et de la nature de l'aile.

Tout état instantané de l'atmosphère, considéré par rapport à l'avion, est caractérisé par les grandeurs i et V. Toute variation d'état se traduit donc par une variation de la valeur du moment de charnière, et l'aileron joue, de lui-même, le rôle d'organe détecteur de la perturbation.

Comme d'autre part la portance, élément majeur de la réaction de l'air, a pour expression

$$P = \frac{aV^2}{2g} S C_z \qquad \text{avec} \qquad C_z = A(i + mb)$$

(A et m sont des coefficients liés à la nature de la voilure et à la valeur de σ), l'aileron de courbure, par son braquage, est également régulateur de la sustentation. On peut donc chercher par son intermédiaire, à déceler les

perturbations (d'incidence ou de vitesse) et à puiser en elles l'énergie nécessaire au fonctionnement du système.

Aucune accélération de sustentation ne sera transmise au centre de gravité de l'avion, si la rencontre d'une perturbation engendre une rotation de l'aileron exactement suffisante pour annuler la variation de portance à redouter.

Le calcul a pour base la recherche de positions d'équilibre de l'aileron autour de sa charnière, toujours adaptées à l'état instantané de l'atmosphère, c'est-à-dire la recherche, pour toutes valeurs de i et V, de la condition de compatibilité des deux égalités

$$M = 0, \qquad P = P_0,$$

où P_0 représente la composante du poids de l'avion, normale à la trajectoire.

Il montre la nécessité de coupler la rotation de l'aileron au déplacement de surfaces aérodynamiques auxiliaires, autorégulatrices, ou à la déformation d'un système élastique de rappel (le coefficient d'élasticité pouvant d'ailleurs être nul, si les deux modes de régulation sont associés et si le choix des surfaces auxiliaires est convenable).

On constate alors la valeur très faible de l'inertie des équipages mobiles, vis-à-vis de l'inertie de l'avion entier. (La période d'oscillation de l'aileron, à la poursuite de sa position d'équilibre, est de l'ordre du trentième de celle de tangage de l'avion autour de son centre de gravité. Elle est de l'ordre du 1/300e de la période du mouvement du centre de gravité autour de sa trajectoire moyenne.) L'amortissement du mouvement propre de l'aileron asservi est important.

On est donc fondé à considérer le centre de gravité comme effectivement soustrait aux accélérations parasites dues aux rafales.

Par ailleurs, la disposition des organes peut être aménagée pour conserver à l'avion, les propriétés de stabilité sur la trajectoire, et de manœuvrabilité, exigées habituellement, en conformité avec les réflexes normaux des pilotes. On peut également faire en sorte d'annuler les effets, sur l'équilibre transversal, des rafales dissymétriques.

PHYSIQUE COSMIQUE. — *Mécanisme de production des gerbes cosmiques.* Note (¹) de MM. **Pierre Auger**, **Paul Ehrenfest** Jr., **André Freon** et Mme **Thérèse Grivet**, présentée par M. Jean Perrin.

1. Depuis l'observation par Skobelzyn, en 1928, des trajectoires associées de rayons cosmiques, l'étude des gerbes, c'est-à-dire des projections simultanées de groupes de corpuscules ionisants lors de l'absorption des rayons cosmiques par la matière, a fait l'objet de nombreux travaux. Partant de l'image qualitative suivant laquelle les électrons de grande énergie subiraient le freinage avec radiation dans leur passage au voisinage des noyaux, les photons produits se matérialisant ensuite en paires d'électrons, Bhabha et Heitler ont pu donner récemment (²) un calcul de la formation des gerbes par des cascades successives de ces processus. Nous voudrions montrer que certains de nos résultats, obtenus avec des compteurs en coïncidences, peuvent être expliqués par cette théorie.

2. Il est possible, par des dispositions géométriques convenables de compteurs, de sélectionner des groupes de trajectoires plus ou moins nombreux. Ainsi, avec quatre compteurs disposés comme le montre le schéma *c* de la figure I, seules les gerbes de trois branches ou plus, provenant de l'écran (voûtes de plomb) sont enregistrées. En supprimant un des compteurs (schéma *b*), les gerbes de deux rayons sont comptées. Avec ces arrangements, nous avons obtenu à Paris les courbes de nombre de gerbes en fonction de l'épaisseur de l'écran de plomb de la figure I. Le maximum de la courbe *b*, pour deux rayons, se place vers 15^{mm}, tandis que celui de la courbe *c*, pour trois rayons, se place vers 23^{mm}. Le résultat qui est en accord avec des mesures précédemment obtenues avec d'autres appareils et des dispositions géométriques analogues (³), vérifie les prévisions de Bhabha et Heitler.

3. On sait (⁴) que des compteurs placés en disposition verticale donnent un nombre de coïncidences accru si l'on place les écrans minces de matière dense au-dessus (schéma a_1, *fig.* I), c'est ce que montre la courbe Pb/O de

(¹) Séance du 31 mai 1937.

(²) *Proc. Roy. Soc.*, 159, 1937, p. 432; Carlson et Oppenheimer, *Phys. Rev.*, 51, 1937, p. 220.

(³) *J. de Physique*, 7e série, 6, 1935, p. 230; 7, 1936, p. 62.

(⁴) Maas, *Phys. Zeits.*, 35, 1934, p. 858; Kulenkampff, *Phys. Zeits.*, 36, 1936, p. 786; *J. de Physique*, 7e série, 7, 1936, p. 61.

la figure II obtenue au Jungfraujoch avec des écrans de plomb. Ces écrans superposés ayant cependant un rôle absorbant, on peut mettre celui-ci en évidence en plaçant le plomb entre les compteurs (schéma a_2, *fig.* I) ce qui donne la courbe O/Pb de la figure II. La différence des nombres de coïncidences dans ces deux dispositions correspond à une production de

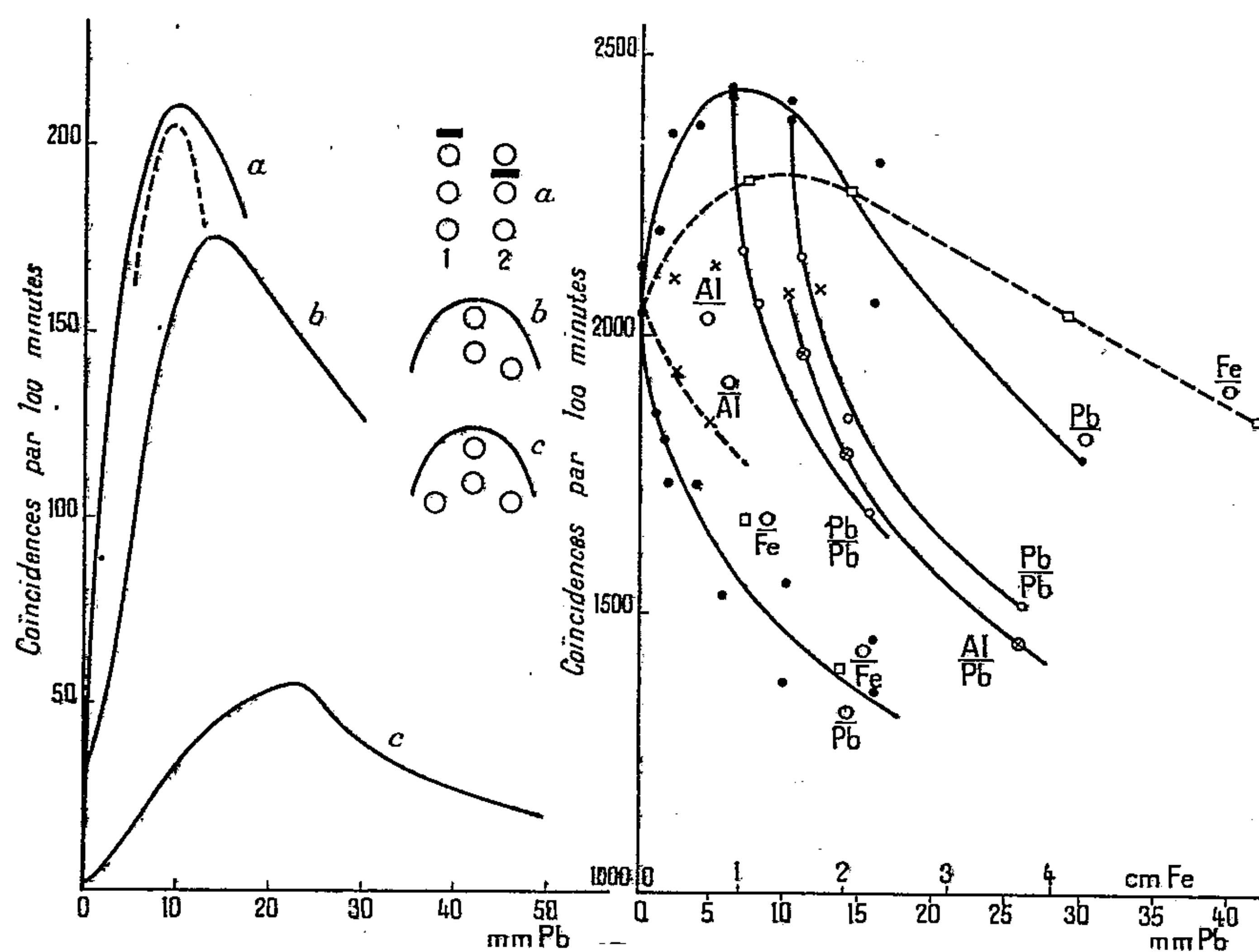


Fig. I. Fig. II.

rayons ionisants dans l'écran superposé, c'est-à-dire que le nombre de particules sortant d'un écran mince de matière de poids atomique élevé (plomb) est plus grand que celui de particules émergeant d'une substance de poids atomique faible (air, aluminium). Ceci est en accord avec le calcul qui montre que les cascades de gerbes se prolongent plus loin, pour des énergies plus petites, dans le plomb (jusqu'à $E=10^7$ eV) que dans l'air ($E=1,5.10^8$ eV). Cet effet est particulièrement visible dans les premières portions des courbes Pb/O et O/Pb de la figure II. Si l'on soustrait les ordonnées de ces courbes l'une de l'autre on obtient une sorte de courbe de Rossi pour la production de secondaires en nombre quelconque à partir de 1; c'est la courbe *a* de la figure I, obtenue au Jungfraujoch qui montre un maximum vers 10^{mm} (ordonnées en échelle arbitraire). Des mesures faites à Paris avec les appareils qui ont servi pour les courbes *b*

et *c* de la figure I ont donné la courbe pointillée qui montre la même situation du maximum.

La variation de la limite inférieure d'énergie E avec le poids atomique des écrans explique l'effet moins accentué des substances de poids atomique faible, fer (courbe Fe/O), aluminium (courbe Al/O). (Les densités superficielles des écrans sont portées en abscisses.) Au contraire, l'absorption dans la substance est de même ordre (□ Fe, × Al).

4. On peut tirer des calculs une autre conclusion relative à l'absorption des rayons de gerbes. Comme les cascades cessent dans l'aluminium pour des énergies plus élevées que dans le plomb, il manque dans les gerbes sortant de l'aluminium le groupe de corpuscules d'énergie comprise entre 10^7 et 10^8 électron-volts qui émerge du plomb. Cela explique la forte absorption des rayons de gerbes produits dans le plomb, dans les premiers millimètres de plomb que l'on interpose entre les compteurs, comme le montre la courbe Pb/Pb de la figure II, où l'on superpose d'abord 10^{mm} de plomb (ou 6 sur l'autre courbe) avant d'interposer des écrans absorbants. Avec une épaisseur équivalente (40^{mm}) d'aluminium superposé, l'absorption des gerbes produites est beaucoup moins rapide pour les premiers millimètres d'écran de plomb [courbe Al/Pb (*fig.* II)]. Au contraire, les rayons d'énergie plus élevée, capables de traverser plusieurs millimètres de plomb, sont en nombre comparable dans les deux cas.

5. Cet ensemble expérimental est fortement en faveur du mécanisme de production de gerbes indiqué par Bhabha et Heitler, pour les rayons cosmiques mous, c'est-à-dire le groupe d'électrons et de photons présent dans la basse atmosphère.

MAGNÉTISME. — *Étude thermomagnétique des complexes*



$S^2O^8[Ag^{x}Cd^{y}4C^5H^5N]$.

Note (¹) de MM. **Nicolas Perakis** et **Léandre Capatos**, transmise par M. Pierre Weiss.

I. Nous avons déterminé (²) les moments atomiques des ions Ag^{II} et Cu^{II} et fait, en outre, une étude thermomagnétique du système Ag^{II} — Cu^{II}. Les

(¹) Séance du 19 mai 1937.

(²) N. Perakis et L. Capatos, *J. Phys.*, 7ᵉ série, 7, 1936, p. 391-400.

sels mixtes étudiés étaient des persulfates tétrapyridinés d'argent et de cuivre, de formule



$$S^2O^8[Ag^x Cu^y 4C^5H^5N],$$

où x et y varient entre zéro et un.

II. Dans le système Ag^{II} — Cu^{II}, les deux constituants étant paramagnétiques, il nous a paru intéressant d'étudier des combinaisons mixtes où l'un de ces deux ions paramagnétiques serait associé à un ion diamagnétique. C'est ainsi que nous avons été amenés à étudier le système Ag^{II} — Cd^{II}. Ici encore, les combinaisons mixtes sont du type



$$S^2O^8[Ag^x Cd^y 4C^5H^5N].$$

Les complexes étudiés ont été préparés et analysés par nous. Pour les mesures magnétiques, nous avons utilisé la méthode d'attraction dans un champ non uniforme. Nous avons pris l'eau comme substance étalon. La correction du diamagnétisme du reste de la molécule a été faite à partir des diamagnétismes de l'ion cadmium, de la pyridine et du persulfate de potassium. L'intervalle de température exploré s'étend de la température ordinaire à la température de l'air liquide.

III. *Résultats.* — Le tableau ci-après traduit sommairement les résultats de l'étude thermomagnétique de ces combinaisons mixtes d'argent et de cadmium divalents :

a. On constate que l'ion Ag^{II} possède, en solution très étendue dans le cadmium, un *paramagnétisme constant* très grand.

b. En solution plus concentrée, dans l'intervalle ($x = 0,15$, $x = 0,27$), l'ion Ag^{II} a un paramagnétisme variable. Son moment varie rapidement avec la concentration : de l'ordre de 12 à 13 magnétons pour $x = 0,15$, ce moment n'est plus que de 9,6 magnétons environ pour $x = (0,24 \rightarrow 0,27)$.

Toutefois, dans l'intervalle ($x = 0,15$, $x = 0,20$), on observe une grande instabilité magnétique, manifestée par de fréquents déplacements du point de Curie, non accompagnés en général de changements notables de la constante de Curie. Cette instabilité et la faible variation de χ avec la température ont rendu les mesures magnétiques très pénibles et en ont considérablement limité la précision. Les moments trouvés pour l'ion Ag^{II}, à partir des mélanges $x = 0,15$, $x = 0,19$, $x = 0,20$, sont beaucoup plus des ordres de grandeur que des valeurs précises.

$S^2O^8(Ag^xCd^y4C^5H^5N)$. x.	y.	Intervalle de température.		Point de Curie. θ.	Constante atomique de Curie. C_A.	Moment atomique en magnétons de Weiss. p_W.
0	1	294	195° K.	Diamagnétique : $\chi_A = -15{,}0.10^{-6}$.		
0,04	0,96	292	194	Paramagnétique : $\chi_A = +1.242.10^{-6}$, paramagnétisme constant.		
0,15	0,85	293	91	$-265°$	0,754	12,2
		292	194	-157	0,809	12,6
		290	194	-117	0,767	12,3
0,19	0,81	292	249	-206	0,581	10,7
		195	91	-118	0,554	10,5
0,20	0,80	293	249	-171	0,623	11,1
		194	91	-141	0,634	11,2
0,21	0,79	291	85	-44	0,576	10,7
0,24	0,76	294	91	-16	0,458	9,5
0,27	0,73	292	90	-5	0,479	9,7
0,51	0,49	291	91	-34	0,442	9,35
0,57	0,43	293	89	-33	0,453	9,46
0,69	0,31	293	89	-27	0,434	9,26
0,77	0,23	293	91	-36	0,456	9,49
0,79	0,21	293	90	-33	0,442	9,35
0,91	0,09	295	90	-33	0,437	9,29
0,93	0,07	293	89	-40	0,441	9,34
1	0	294	84	-26	0,420	9,11

c. Dans l'intervalle $[x \geqq (0{,}24 \rightarrow 0{,}27), x \leqq 1]$, le moment varie très peu avec la concentration, on peut même dire qu'il y est pratiquement constant. La valeur moyenne du moment dans cet intervalle est supérieure de 0,3 magnéton à celle trouvée pour l'ion Ag^{II} à l'état non combiné ($x = 1$).

On peut admettre que, dans cet intervalle au moins, les ions Ag^{II} et Cd^{II} forment des cristaux mixtes.

d. Si l'on voulait maintenant représenter graphiquement la relation (moment-concentration), on obtiendrait, en première approximation, deux droites se coupant aux environs de $x = (0{,}22 \rightarrow 0{,}26)$. Ces deux droites seraient peu inclinées, l'une sur l'axe des concentrations, l'autre sur l'axe des moments. Cette dernière droite, extrapolée jusqu'à $x = 0{,}1$, eût donné, pour cette valeur de x, un moment de 14 magnétons. Ainsi, tout

se passerait comme si cette droite traduisait la mise hors jeu progressive, bien que très rapide, d'un électron.

e. La variation du point de Curie avec la concentration rappelle celle du moment, du moins dans l'intervalle ($x = 0,15$, $x = 1$).

THERMOCHIMIE. — *Sur la chaleur de formation des hydrocarbures.* Note de M. **Marcus Brutzcus**, présentée par M. Jean Perrin.

Par chaleur de formation (Ch_f) d'un hydrocarbure $C^m H^n$, on entend la différence entre la puissance calorifique de ses atomes C et H $[P_{at}(C^m H^n)]$ et la puissance calorifique de l'hydrocarbure $C^m H^n [P_{cal}(C^m H^n)]$. Mais cette définition ne fixe pas l'état dans lequel les atomes C et H doivent être pris.

Généralement on part de l'atome C en état solide $[P_{cal}(C_s) = 94,4\, K_{cal}]$ et de l'hydrogène en état moléculaire $[P_{cal}(H^2) = 67,426\, K_{cal}]$ quoique ce point de départ donne des valeurs négatives pour différents hydrocarbures (p. ex. C^2H^2, C^2H^4, C^3H^6 et quelques autres).

Dans mes Notes précédentes sur la Thermochimie des hydrocarbures [1] il est choisi comme point de départ l'atome C monoatomique gazeux $[P_{cal}(C_g) = 134,69\, K_{cal}]$ et l'hydrogène moléculaire $[P_{cal}(H^2) = 67,426\, K_{cal}]$,

$$(1)\qquad Ch_f = [m P_{cal}(C_g) + {}^1/_2\, n P_{cal}(H^2)] - P_{cal}(C^m H^n)$$
$$= [m\ 134,69 + {}^1/_2\, n\, 67,426] - P_{cal}(C^m H^n) \quad (^2).$$

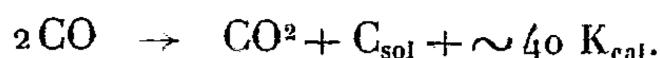
Dans les Notes mentionnées ci-dessus, il a été établi une équation (p. 492) pour la valeur énergétique intrinsèque de toutes les liaisons de mol-g d'un hydrocarbure $C^m H^n$ qui, en prenant en considération l'équation (1), peut être écrite

$$(2)\qquad \Sigma L_i(C^m H^n)_{int} = Ch_f + [{}^1/_2 n + 4m - m'].\, 102,72\ K_{cal}.$$

---

(1) *Comptes rendus*, 204, 1937, p. 490, 574, 859.

(2) Le chiffre 134,69 ($2 \times 67,345$, qui est la puissance calorifique de la transformation $CO \rightarrow CO^2$) peut être considéré comme une valeur thermochimique expérimentale, en prenant en considération l'équation thermochimique



$$2CO \rightarrow CO^2 + C_{sol} + \sim 40\ K_{cal}.$$

En ce qui concerne l'hydrogène, on part de l'hydrogène moléculaire (seul mesurable), quoique dans les hydrocarbures H soit en état atomique, c'est la raison pour quoi dans toutes les équations figure le membre $+ 1/2n.\, 102,72$.

Pour les corps saturés et aromatiques $m'=0$, oléfiniques $m'=1$, acétyléniques $m'=2$. Dans cette équation $\Sigma L(C^m H^n)_{\text{int}}$ est la valeur intrinsèque; pour arriver à la valeur réelle (voir p. 492), il faut en déduire pour chaque série les quantités ci-dessous :

Séries non cycliques	paraffinique.	oléfinique.	acétylénique.
Le deuxième membre [éq. (2)]	$(1/2\,n+4m)\,102,72$	$(1/2\,n+4m-1)\,102,72$	$(1/2\,n+4m-2)\,102,72$
A déduire (p. 492)	$(1/2\,n+m-1)\,102,72$	$(1/2\,n+m-1)\,102,72$	$(1/2\,n+m-1)\,102,72$
Reste	$(3m+1)\,102,72$	$3m\,102,72$	$(3m-1)\,102,72$
La formule générale	$C^m H^{2m+2}$	$C^m H^{2m}$	$C^m H^{2m-2}$
Le nombre de liaisons (S)	$3m+1$	$3m$	$3m-1$

Séries cycliques	saturée.	non saturée.	aromatique.
Le deuxième membre [éq. (2)]	$(1/2\,n+4m)\,102,72$	$(1/2\,n+4m-1)\,102,72$	$(1/2n+4m)\,102,72$
A déduire (p. 492)	$(1/2\,n+\ m)\,102,72$	$(1/2\,n+m)\,102,72$	$(1/2\,n+1\,1/2\,m)\,102,72$
Reste	$3m\,102,72$	$(3m-1)\,102,72$	$2\,1/2\,m\,102,72$
La formule générale	$C^m H^{2m}$	$C^m H^{2m-2}$	$C^m H^m$
Le nombre de liaisons (S)	$3m$	$3m-1$	$2\,1/2\,m$

Il s'ensuit de cette table que, pour les valeurs énergétiques *réelles* de toutes les liaisons de mol-g d'hydrocarbure $C^m H^n$ de quelque série que ce soit, l'équation suivante est valable :

(3) $$\Sigma L_t(C^m H^n)_r = Ch_f + S.102,72\ K_{cal}.$$

(4) $$L_t(C^m H^n)\ \text{moyenne} = Ch_f/S + 102,72\ K_{cal}.$$

Il faut mentionner que, pour les corps non saturés, les deux valences inactives de chaque atome C bivalent doivent être comptées pour une liaison (p. 859). Il y est aussi démontré que $S=2M$, où M est la quantité de molécules d'oxygène nécessaire pour brûler la molécule $C^m H^n$. Donc

(5) $$L_t(C^m H^n)\ \text{moyenne} = Ch_f/2M + 102,72.$$

Page 860, une autre équation a été déduite,

(6) $$2\,L_t(C^m H^n)\ \text{moyennes} = 340,2 - R_{cal}(C^m H^n).$$

Il s'ensuit des équations (5) et (6) que

(7) $$Ch_f/M + R_{cal}(C^m H^n) = 134,76\ K_{cal}.$$

Mais, par définition,

$$Ch_f = P_{at}(C^m H^n) - MR_{cal}(C^m H^n),$$

(8) $$P_{at}(C^m H^n)/M = 134,76\ K_{cal},$$

indépendamment de la série à laquelle l'hydrocarbure $C^m H^n$ appartient.

Corps s.	CH^4.	C^2H^4.	C^2H^2.	C^6H^6.	CH^2.
Contrôle numérique de l'équation (5).					
$Ch_f/2M$ (p. 492)	14,48	12,0	5,04	14,93	15,13
$L_i(C^mH^n)$ moyen	117,20	114,72	107,76	117,65	117,85
Calculée (p. 861)	117,20	114,73	107,78	117,66	117,87
Contrôle numérique de l'équation (8).					
$P_{at}(C^mH^n)/M$ (p. 492)	134,77	134,74	134,73	134,72	134,75

De l'équation (3) on peut déduire que, pour former deux valences qui sont nécessaires pour une liaison, il faut dépenser, dans le cas de l'hydrogène comme dans le cas du carbone, 102,72 K_{cal}. A la formation d'une liaison C-C environ 120,78 K_{cal} et à la formation de C-H environ 116,34 K_{cal} se dégagent. A la formation d'un hydrocarbure C^mH^n en partant de C neutre et H^2, la différence se dégage en dehors, et c'est cette différence qui forme la chaleur de formation du corps.

L'équation (8) indique la stricte égalité de l'énergie qui se dégage lors de la combustion de l'atome C neutre, monoatomique et gazeux avec celle qui se dégage lors de la combustion de $2H^2$.

Il va sans dire que toutes les valeurs numériques indiquées dans cette Note comme dans les Notes antérieures, ne sont valables que pour la température d'environ 25° C.

CHIMIE PHYSIQUE. — *La tension superficielle de l'eau et celle de l'eau lourde.* Note de MM. **J. Timmermans** et **H. Bodson**, présentée par M. Georges Urbain.

Nous nous sommes proposé de mesurer la tension superficielle de l'eau ordinaire et celle de l'eau lourde et leur variation en fonction de la température.

Pour l'eau, trois méthodes ont été employées simultanément : l'ascension capillaire, avec des expériences de contrôle dans cinq appareils différents ([1]), la pression gazeuse dans une bulle ([2]), et le poids de la goutte ([3]). Pour l'eau lourde, seule la méthode des ascensions capil-

---

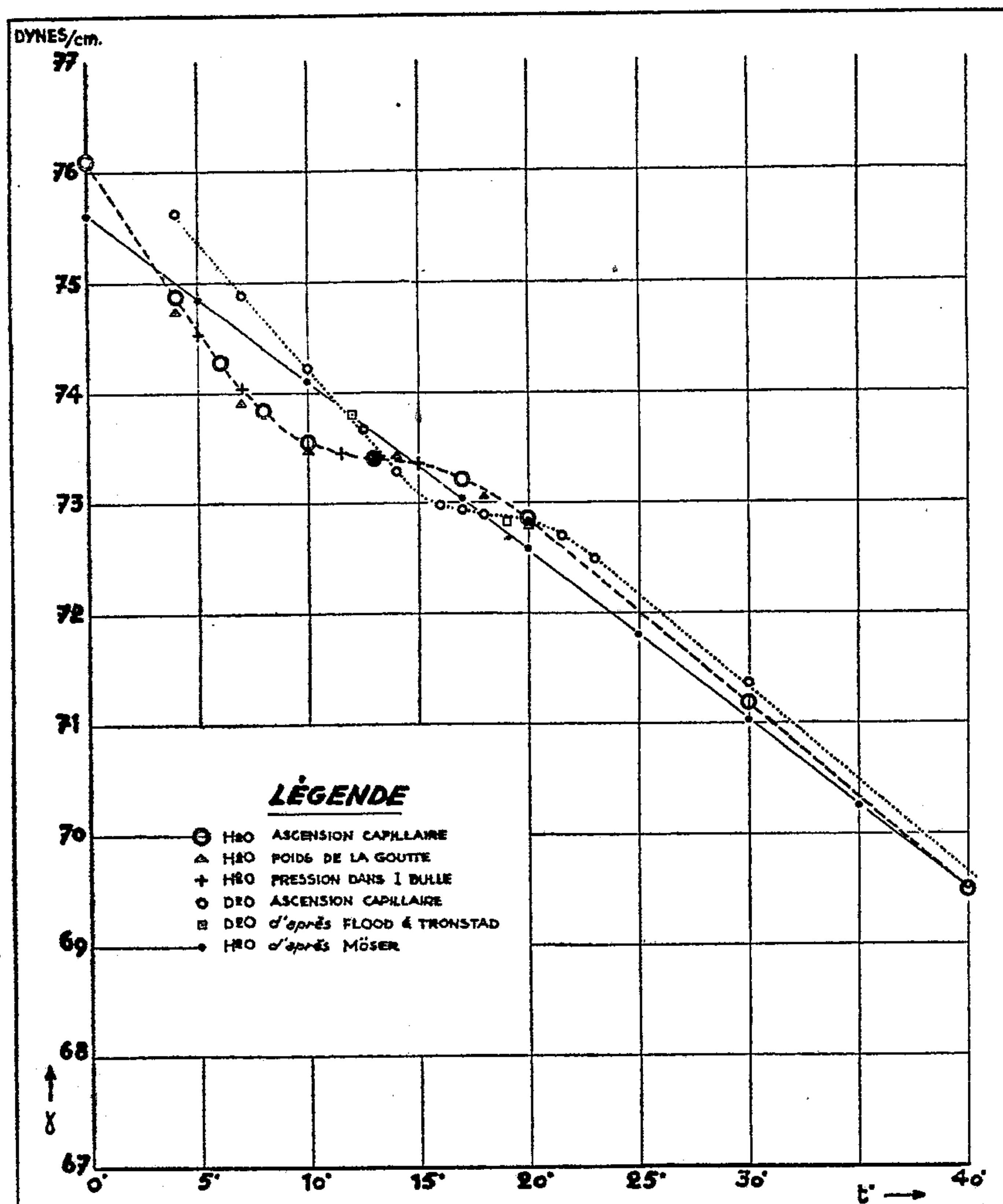
([1]) W. Richards et L. B. Coombs, *J. Am. Chem. Soc.*, **37**, 1915, p. 1656.

([2]) S. Sugden, *J. Chem. Soc. London*, **119**, 1921, p. 1483, et **121**, 1922, p. 858.

([3]) W. D. Harkins et F. E. Brown, *J. Am. Chem.Soc*, **41**, 1919, p. 499.

laires a été employée avec un seul des appareils déjà utilisés pour l'eau ordinaire.

L'eau utilisée était de l'eau bidistillée. Les appareils étaient toujours



remplis par siphonement, de manière à éléminer tout risque de contamination. L'eau lourde, d'origine norvégienne, à 99,70 pour 100 $D^2O(d_4^{20}=1,10526)$ peut être considérée comme pure au point de vue de la tension superficielle, à cause de la faible différence des valeurs de cette constante, pour l'eau ordinaire et pour l'eau lourde. L'eau lourde a été distillée directement dans l'appareil, sous pression réduite, en prenant

soin d'éviter tout contact humide, à cause de la grande hygroscopicité du produit.

On trouvera sur le graphique ci-dessus les valeurs de Möser ([4]) pour l'eau ordinaire, les valeurs de H. Flood et L. Tronstad ([5]) pour l'eau lourde et nos valeurs pour ces deux corps.

Pour l'eau, nous avons constaté avec étonnement que les valeurs de γ indiquées dans les diverses tables de constantes, ne sont basées, dans l'intervalle de 0° à 20°, que sur les mesures d'un seul expérimentateur, Möser, dont les valeurs se placent sur une droite. Très rares sont les physiciens qui avaient réalisé antérieurement des séries de mesures de ce genre entre 0 et 20°, et leurs résultats correspondent à peu près à une variation linéaire de γ en fonction de la température. Ce sont : C. Brunner ([6]), C. Wolf ([7]) et J. L. R. Morgan et A. D. Mc Afee ([8]).

Nos mesures au contraire montrent à 13° une anomalie bien nette. La divergence entre nos résultats et ceux des auteurs précédents reste sans explication.

Pour l'eau lourde, nous avons obtenu une courbe de même allure que celle de l'eau, mais l'anomalie se situe à 17°. Au-dessus de 25°, la courbe coïncide avec celle de l'eau ordinaire. La valeur indiquée à 20° par P. W. Selwood et A. A. Frost ([9]) et obtenue par extrapolation à 100 pour 100 D_2O, des résultats trouvés sur des solutions aqueuses concentrées, est manifestement trop basse. H. Flood et L. Tronstad, qui ont étudié un échantillon d'eau lourde, de même provenance que le nôtre, trouvent les mêmes résultats que nous.

De la connaissance de la tension superficielle, de la température critique et de la densité, on peut, par la formule de W. Ramsay et J. Shields ([10]), déduire le coefficient d'association à l'état liquide. Comme température critique de l'eau et de l'eau lourde nous avons accepté les valeurs de Riesenfeld et T. L. Chang ([11]). Les coefficients d'association de l'eau et de l'eau lourde, calculés de 10° en 10°, dans l'intervalle 20°-80°, fournissent

---

([4]) *Ann. Phys.*, 4e série, 82, 1927, p. 993.
([5]) *Z. phys. Chem.*, 175 A, 1936, p. 347.
([6]) *Pogg. Ann.*, 70, 1847, p. 481.
([7]) *Pogg. Ann.*, 102, 1857, p. 571.
([8]) *J. Am. Chem. Soc.*, 33, 1911, p. 1275.
([9]) *J. Am. Chem. Soc.*, 55, 1933, p. 4335.
([10]) *Proc. Roy. Soc.*, 56, 1894, p. 171.
([11]) *Z. phys. Chem.*, 28 B, 1935, p. 408.

pour l'eau une valeur moyenne de 3,0. Pour l'eau lourde la valeur est de 2,9.

En résumé, nous voyons qu'à peu de chose près, l'eau lourde se comporte à ce point de vue également comme l'eau ordinaire, si l'on tient compte du décalage des points de fusion et d'ébullition des deux corps.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Variations des constantes mécanochimiques des carbures benzéniques le long de la courbe de vaporisation de l'origine à* $74^{cm},5$ *de* Hg. Note (¹) de M. G. **Duch**, présentée par M. Jean Perrin.

Nous avions montré (²) qu'à la température de l'ébullition sous la pression de $74^{cm},5$ de Hg, la loi d'attraction de deux granules moléculaires liquides, seuls, l'un d'eux étant au point fixe, avait pour expression

$$(3) \qquad F = k^n m^2 D i^{-n}.$$

Nous avons vérifié expérimentalement cette loi à *ce point d'état* pour divers homologues de la famille des carbures benzéniques. En nous aidant des Tables des Constantes, nous avons vérifié son exactitude pour les autres points de la courbe de vaporisation (³).

Nous avons ainsi calculé nos constantes à partir de ces valeurs expérimentales pour le benzène, toluène, *o*-, *m*- et *p*-xylènes.

Si nous traçons les courbes de vaporisation de ces liquides dans le plan p et t, nous observons que *le lieu des points isodynamiques* (mêmes valeurs des Constantes n, k et K^{-3}) est une isobare parallèle à l'axe des températures.

L'étude expérimentale des constantes mécanochimiques n et K^{-3} avec les pressions de vaporisation nous a permis de déduire :

(¹) Séance du 7 juin 1937.

(²) *Comptes rendus*, **202**, 1936, p. 1977. Dans cette étude, si l'un des granulés reste solidaire d'un point fixe, la relation (4) devra s'écrire

$$(4) \quad f_\nu = \frac{\Sigma f}{1 + 2\left[2^{-\left(\frac{n+1}{2}\right)} + 5^{-\left(\frac{n-1}{2}\right)} + 10^{-\left(\frac{n+1}{2}\right)} + \ldots + (1+q^2)^{-\left(\frac{n+1}{2}\right)}\right]} = \frac{\Sigma f}{\Omega},$$

et la relation finale se lira

$$f_\nu = \frac{\Omega}{\Sigma f} = \frac{2\,A r}{\Omega}.$$

(³) Pressions de vaporisation, *Critical Annual Tables*, III, p. 220; tensions superficielles, *ibid.*, IV, p. 454; densités et dilatations, *Landolt*, II, p. 1235.

Dans l'intervalle, origine, $74^{cm},5$ de Hg, suivant la courbe de vaporisation. à la précision des mesures actuelles (1 pour 100 environ), *la puissance d'attraction n et la constante mécanochimique* K^{-3} *sont respectivement fonctions linéaires de la pression de vaporisation.*

Ainsi

(9) $$n = 5,46 + 0,004855 . p_{cm\,Hg},$$

(10) $$K^{-3} = (3,87 + 0,1365 . p_{cm\,Hg}) . 10^5,$$

d'où l'on déduit

(11) $$K^{-3} = (28,12 . n - 149,65) . 10^5.$$

Les droites représentatives de ces fonctions linéaires passent par les valeurs moyennes déduites des deux tableaux ci-dessous. Le premier correspond aux valeurs des Tables, le deuxième à des mesures personnelles.

Pression d'ébullition, $7^{cm},463$ de Hg.

Liquides.	*n*. Relation (6).	Ω. Relation (4) (²).	*k*. Relation (3).	$K^{-3}.10^{-5}$. Relation (7).
Benzène..........	5,496	1,2226	0,4445	4,945
Toluène..........	»	»	0,4447	4,955
o-Xylène.........	»	»	0,4602	4,760
m-Xylène........	»	»	0,4621	4,83
p-Xylène.........	»	»	0,4648	4,96
Mésitylène.......	»	»	–	–
Pisocymène.......	»	»	–	–
			Moyenne................	4,9

Pression d'ébullition, $74^{cm},5$ de Hg.

Liquides.	*n*. Relation (6).	Ω. Relation (4) (²).	*k*. Relation (3).	$K^{-3}.10^{-5}$. Relation (7).
Benzène..........	5,82	1,1975	0,18957	14,00
Toluène..........	»	»	0,18972	14,00
o-Xylène.........	»	»	0,18964	14,03
m-Xylène........	»	»	0,18950	13,99
p-Xylène.........	»	»	0,18955	13,99
Mésitylène.......	»	»	0,18965	13,98
Pisocymène.......	»	»	0,18967	14,02
			Moyenne..................	14,00

Dans ces conditions, il est possible de déterminer la masse moléculaire M d'un carbure benzénique par la mesure de sa densité D et de sa tension

superficielle A à une température t comprise entre les températures de sa courbe de vaporisation correspondant aux limites stipulées.

De la relation mécanochimique (7), nous déduisons

$$(12) \qquad M = \left(K^{-3} \frac{D^{n+1}}{A^3} \right)^{\frac{1}{n-3}}.$$

La courbe de vaporisation nous donnera la pression de vapeur qui correspond à la température t. La relation (9) nous donnera n et la relation (11) K^{-3} en fonction de n. Nous pourrons ainsi calculer M avec beaucoup de précision, sous la réserve que la courbe de vaporisation du carbure considéré ait été tracée avec soin.

Ces notions simplifient davantage la mesure mécanochimique des masses moléculaires des liquides ([3]) par leur extension aux autres familles chimiques.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur les points de transformation des verres.* Note de MM. **Paul Bary** et **Jean Herbert**, présentée par M. Georges Urbain.

Il résulte des nombreux travaux faits dans ces dernières années sur les corps vitreux et, en particulier, sur les verres, que la fusion de ces matières n'est pas un phénomène continu, comme on l'a cru longtemps, mais qu'elle présente des points singuliers correspondant à des changemements brusques de valeurs de certaines propriétés physiques.

Un premier point de transformation T_1 s'observe lorsque la substance commence à devenir déformable par pression, c'est-à-dire plastique; un second point T_2, au moins dans le cas des verres, a été observé par H. Le Chatelier ([1]) en analysant les résultats obtenus par Washburn et Shelton et par S. English ([2]), dans les mesures de viscosité de nombreux verres en fonction de la température entre environ 500° et 1400°.

L'existence de ces deux points conduit à faire une distinction nette entre la viscosité, où coefficient de frottement intérieur, et la plasticité des corps demi-solides qui ne sont déformables que sous un effort minimum et ne

([3]) *Annales Guebhard Séverine*, 12, 1936, p. 103.

([1]) *Comptes rendus*, 179, 1924, p. 517; *Ann. de Phys.*, 3, 1925, p. 5.

([2]) *J. Soc. Glass. Technol.*, 7, 1923, p. 25, et 8, 1924, p. 205.

reprennent pas d'eux-mêmes, à température constante, une surface plane et horizontale. Nous avons dans ce but repris l'étude des résultats expérimentaux par une méthode un peu différente.

Pour la partie comprise entre T_1 et T_2, nous avons observé que, si l'on portait les plasticités exprimées par $\mathrm{Log}\, 10^{13}/\eta$ en fonction de $\mathrm{Log}\, T$, η étant la viscosité exprimée en poises, obtenue par allongement d'une tige de dimension connue sous une certaine tension, et T la température d'expérience, on obtenait une droite correspondant à la relation

$$\mathrm{Log}\,\frac{10^{13}}{\eta} = A\,\mathrm{Log}\,\frac{T}{T_1} \qquad \text{avec} \quad A = \frac{\mathrm{Log}\,\frac{10^{13}}{\eta_2}}{\mathrm{Log}\,\frac{T_2}{T_1}},$$

η_2 étant la viscosité au point T_2.

En admettant, comme on le fait habituellement, que la valeur au point T_1, pour tous les corps vitreux, soit de 10^{13} poises, on peut calculer la valeur de T_1 pour $\mathrm{Log}\, 10^{13}/\eta = 0$.

Nous avons vérifié ainsi que pour toute une série de verres étudiés par English dans lesquels, la teneur en silice étant constante, on faisait varier les proportions relatives de chaux et de soude, la plasticité se représente par une série de droites parallèles entre elles et coupant l'axe des Log T au point T_1 de chacun des verres.

Les valeurs de T_1 trouvées ainsi sont en bon accord avec les résultats fournis par d'autres méthodes pour quelques-uns d'entre eux. Par exemple, nous trouvons dans le Mémoire de Rencker [3], pour un verre (n° 6) de composition très voisine de celle du verre (n° 9) de English, la valeur $T = 550°$, alors que notre graphique donne 540°. Pour un verre de silice-soude (n° 2, p. 51), Rencker trouva $T = 470°$, alors qu'on déduit de la courbe des viscosités de English (verre n° 1) $T = 466°$.

Les mêmes observations ont été faites sur la série des verres silice-magnésie-soude.

Les points de transformation T_2 des verres sont fixés par les expériences avec beaucoup moins de précision que les points T_1; mais en admettant qu'ils se produisent à une valeur constante de la fluidité, on observe, dans les valeurs calculées de T_2, des écarts trop grands avec les nombres trouvés par Le Chatelier pour que l'on puisse les prendre en sérieuse considération. En fait, dans la série des verres silice-chaux-soude, les points T_2 d'expé-

---

[3] E. Rencker, *Thèse*, Paris, 1935.

rience correspondent à des valeurs de $\mathrm{Log}\,10^{13}/\eta_2$ comprises entre 7,70 et 8,72; la moyenne de ces nombres étant de 8,2 on peut calculer T_2 connaissant T_1 et la constante A.

Les valeurs obtenues ainsi diffèrent parfois de plus de 50° de celles d'expérience, mais elles peuvent être suffisantes pratiquement pour déterminer *a priori* les limites de la phase de plasticité des verres des catégories étudiées, avec la seule connaissance des points T_1 de transformation.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Dissociation ionique des halogénures alcooliques.* Note (1) de MM. **Albert Tian** et **Édouard Gand**, présentée par M. Jean Perrin.

On sait depuis très longtemps qu'en solution aqueuse l'iodure d'éthyle précipite le nitrate d'argent et l'on a toujours admis que ce fait était la conséquence de l'hydrolyse préalable de l'ester. Aussi les nombreux expérimentateurs (2) qui ont étudié la précipitation des halogénures par un sel d'argent ont généralement opéré dans des solvants organiques exempts d'eau, et se sont préoccupés uniquement de la cinétique de la réaction directe des halogénures sur le sel d'argent. Si de l'eau a été utilisée par quelques auteurs, c'est seulement comme diluant pour déterminer l'ordre de cette réaction.

Ce qui empêchait de chercher dans une ionisation propre de l'ester la raison de la double décomposition en milieux aqueux par un sel métallique, c'était l'idée, acceptée depuis fort longtemps et considérée encore à ce jour comme indiscutable, *que les halogénures alcooliques ne sont pas des électrolytes* (3).

Or il résulte d'une expérience réalisée depuis longtemps par l'un de

(1) Séance du 7 juin 1937.

(2) Principalement Nef, *Annalen der Chemie*. 309, 1899, p. 126; Burke et Donnan, *J. Chem. Soc.*, 85, 1904, p. 555; *Zeitsch. Phys. Chem.*, 69, 1909, p. 148; Donnan et Potts, *J. Chem. Soc.*, 97, 1910, p. 1882; Senter, *J. Chem. Soc.*, 91, 1907, p. 460; 95, 1909, p. 1827; 97, 1910, p. 1120; Pearce et Weigle, *American Chemical Journal*, 48, 1912, p. 249.

(3) Dans un Ouvrage récent, où se trouvent résumées les propriétés des esters d'hydracides, l'auteur s'exprime nettement sur ce point : « Il est de connaissance presque banale que les éthers haloïdes, dans la mesure où ils sont solubles dans l'eau, ne se

nous, et non encore publiée, qu'une solution aqueuse d'iodure d'éthyle, soigneusement purifié, réagit immédiatement par le nitrate d'argent. En outre, fait qui prouve que l'hydrolyse n'est pas en cause, le louche, puis la précipitation se manifestent de la même manière quel que soit l'âge de la solution, pourvu qu'il n'excède pas un jour ou deux.

L'explication classique est donc en défaut. Comme il s'agit d'un phénomène dont l'importance du point de vue de la valence et des théories chimiques est certainement très grande, il nous a paru fort utile d'entreprendre des recherches approfondies sur ce sujet. Sans décrire en détail les expériences réalisées plus particulièrement par l'un de nous, lequel les exposera plus tard comme il convient, il est déjà possible de faire connaître les principaux résultats de ces recherches, au moins celles relatives aux iodures.

1° Des mesures directes, effectuées de manière à éliminer l'effet de l'hydrolyse, prouvent que la dissolution d'iodure d'éthyle *pur* accroît *immédiatement* la conductivité de l'eau.

2° A la température ordinaire, l'hydrolyse de l'iodure d'éthyle est extrêmement lente; même si la concentration initiale est faible la solution contient encore de l'iodure d'éthyle au bout de plusieurs semaines. De plus, la mesure de l'acidité produite montre que l'acide iodhydrique libéré ne peut suffire à produire la précipitation de l'iodure d'argent au cours des premières heures.

3° Quelle que soit la concentration initiale, la réaction entre l'iodure d'éthyle et un excès de nitrate d'argent en solution aqueuse est pratiquement terminée en moins de deux heures à la température ordinaire. A ce moment tout l'iode est précipité à l'état de sel d'argent.

On retrouve dans le liquide, même en milieu très dilué, du nitrate d'éthyle facile à isoler et à caractériser. En même temps le liquide devenu acide, contient de l'alcool.

4° Le nitrate d'éthyle en solution très étendue s'hydrolyse lentement et, nécessairement, d'une manière totale. Finalement, au bout de quelques semaines, l'acidité correspond exactement aux ions NO^3 primitivement associés à l'argent précipité.

---

comportent pas comme des électrolytes » et il ajoute : « Cette faible solubilité rend aléatoire la signification des mesures de conductivité dans de telles solutions, l'hydrolyse pouvant jouer un rôle perturbateur ». (SCHWARTZ, *Traité de Chimie organique publié sous la direction de* V. GRIGNARD, 4, p. 261, Paris, 1935).

La lenteur de l'hydrolyse du nitrate d'éthyle ne permet pas d'expliquer la rapide acidification de la solution pendant les deux premières heures. Il y a donc formation *directe* d'alcool au cours de la réaction. La réaction qui s'effectue n'est donc pas un simple échange de l'iode et du radical NO^3 entre l'ester et le nitrate d'argent. *Les ions* OH *et* H *de l'eau participent au processus chimique.*

5° Les iodures de méthyle et de propyle donnent des réactions semblables.

La théorie classique basée sur l'hydrolyse est impuissante à expliquer ces faits. On ne peut pas davantage admettre une réaction directe entre l'iodure alcoolique et le sel d'argent. Par contre, l'hypothèse d'une ionisation des iodures alcooliques en solution aqueuse rend compte de tous les faits précédents.

Il semble donc bien qu'en solution aqueuse, et contrairement aux idées habituellement adoptées, les iodures alcooliques se comportent comme des électrolytes faibles.

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur un nouvel oxyde de plomb.*

Note (¹) de MM. **Carsten Holtermann** et **Paul Laffitte.**

Malgré un grand nombre de recherches, la question des oxydes supérieurs de plomb présente encore quelques points obscurs. En particulier, les expériences déjà anciennes de Fisher et Plœtze (²), faites sous une pression de 100^{atm} et dont ils ont déduit l'existence d'un oxyde Pb^5O^8, ne sont peut-être pas exemptes de toute critique. Plus récemment Le Blanc et Eberius (³) admettent à la pression atmosphérique l'existence des seuls oxydes définis suivants : Pb^3O^4 noir, Pb^3O^4 rouge et PbO^2, mais nient celle de Pb^2O^3, qui a été dernièrement mise en évidence par Rencker (⁴).

Nos expériences ont été faites sous une pression d'environ 200 kg/cm² d'oxygène dans une bombe déjà décrite (⁵) et chauffée dans un four à

(¹) Séance du 7 juin 1937.

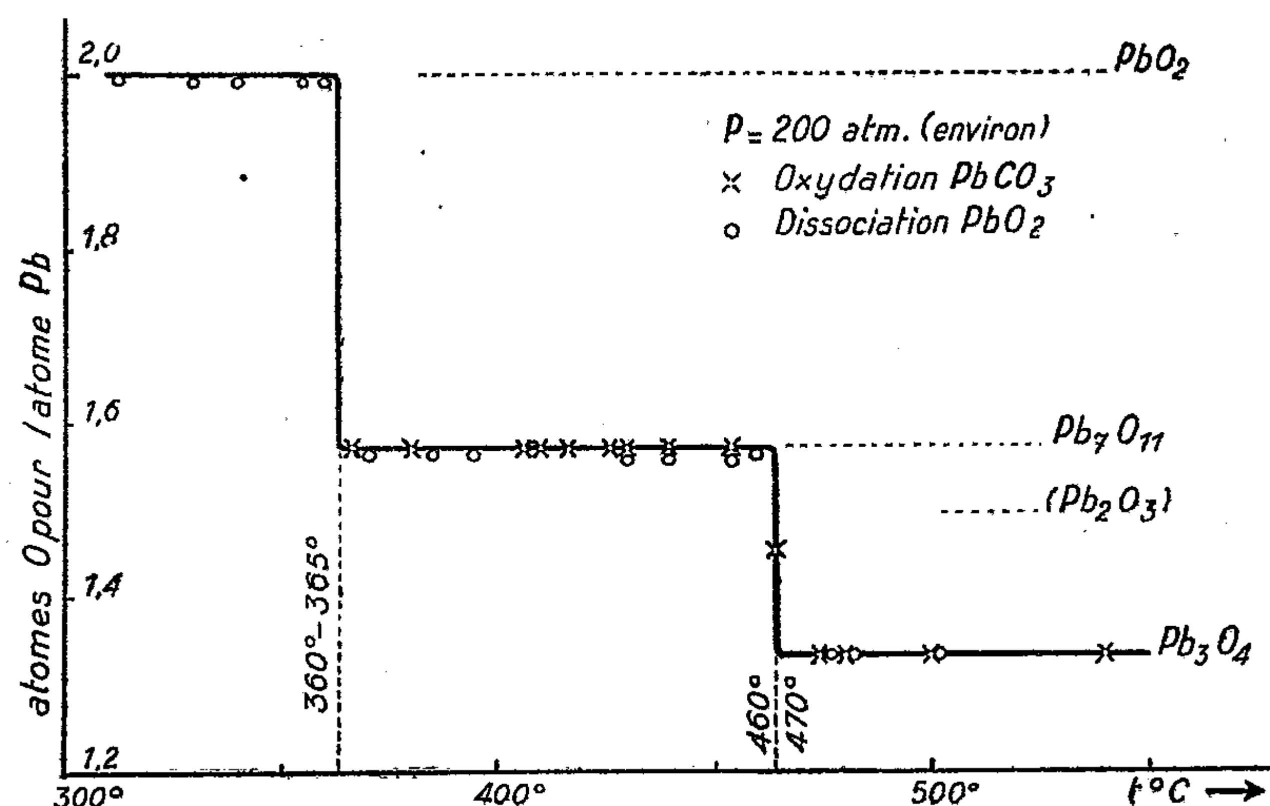
(²) F. Fisher et H. Plœtze, *Z. anorg. Chem.*, 75, 1912, p. 15.

(³) M. Le Blanc et E. Eberius, *Z. phys. Chem.*, A., 160, 1932, p. 73; E. Eberius, *Thèse*, Leipzig, 1931.

(⁴) E. Rencker, *Bull. Soc. Chim.*, 5ᵉ série, 3, 1936, p. 981.

(⁵) P. Laffitte et P. Grandadam, *Comptes rendus*, 198, 1934, p. 1925; P. Grandadam, *Thèse*, Nancy, 1935, et *Ann. Chimie*, 4, 1935, p. 84.

résistance électrique. Dans les produits obtenus, l'évaluation de l'oxygène dit *actif* (oxygène en excès par rapport à la formule PbO) était faite par iodométrie ([6]); PbO était dosé après calcination à 650°. On a opéré : 1° par oxydation de dérivés du plomb divalent; 2° par dissociation de PbO^2. Les résultats sont représentés sur le diagramme ci-joint.



1. *L'oxydation* de $PbCO^3$ entre 360-365° et 460-470° conduit toujours à un oxyde noir $PbO^{1,572}$ correspondant exactement à la formule Pb^7O^{11} (ou $4PbO^2$, $3PbO$) :

	Analyse.	Théorie.
	%	%
Oxygène *actif*	3,93	3,94
PbO	95,92	96,06
CO^2 (retenu physiquement)	0,15	0,00
Rapport O/PbO	0,572	0,572

Au-dessus de 470°, on obtient toujours Pb^3O^4 rouge.

Si l'on cherche à produire l'oxydation, non plus à partir de $PbCO^3$ (qui se dissocie dans l'autoclave en donnant PbO), mais à partir de différentes formes de PbO (litharge en paillettes ou pulvérisée, massicot, hydroxyde, etc.) on constate que l'oxydation n'est jamais totale, mais elle est d'autant plus complète que le produit initial est plus divisé. D'autre part, la réaction, qui à partir de 350° est instantanée avec $PbCO^3$, demande alors plusieurs jours. Avec ces différents produits initiaux, on obtient entre 360° et 390° des substances noires qui sont des mélanges de Pb^7O^{11} et de PbO non oxydé. Au-dessus de 390° (qui est la température de transformation de Pb^3O^4

(6) M. Le Blanc et E. Eberius, *Z. analyt. Chem.*, 89, 1932, p. 80.

noir en Pb^3O^4 rouge), la couleur des produits obtenus varie du violet foncé au rouge minium : on a affaire à des mélanges de Pb^7O^{11} (provenant de Pb^3O^4 noir formé au cours du chauffage au-dessous de 390°) avec Pb^3O^4 rouge (formé au-dessus de 390° et non susceptible d'être peroxydé). Si, en partant de $PbCO^3$, on obtient Pb^7O^{11} même au-dessus de 390°, c'est que, dans ce cas, l'oxydation étant pratiquement instantanée, celle-ci a lieu au cours du chauffage par l'intermédiaire de Pb^3O^4 noir formé au-dessous de 390°; et Pb^7O^{11} étant stable jusqu'à 460° celui-ci subsiste alors. Cette interprétation est en outre confirmée par l'analyse des produits obtenus par attaque des produits oxydés par l'acide azotique : les oxydes violacés donnent des résidus de composition intermédiaire entre celle de PbO^2 (qui est le résidu de Pb^3O^4 rouge) et celle de $PbO^{1,60}$ (correspondant sensiblement à Pb^5O^8 et qui est le résidu de Pb^7O^{11}).

2. *La dissociation* de PbO^2 sous 200^{atm} d'oxygène confirme les résultats précédents : elle débute à 360-365° en donnant jusqu'à 460-470° le même oxyde noir Pb^7O^{11}. Au-dessus de cette dernière température apparaît Pb^3O^4 rouge. Mais Pb^7O^{11} ne peut pas être peroxydé : après 110 heures à 330-340° (sous 200^{atm}) il conserve sa composition initiale.

En résumé, l'existence d'un oxyde Pb^7O^{11} est établie par la courbe des compositions en fonction des températures sous la pression de 200^{atm}. Cette courbe présente trois paliers distincts, correspondant à PbO^2, Pb^7O^{11} et Pb^3O^4 rouge et qui sont délimités par les températures de 360-365° et 460-470°.

CHIMIE MINÉRALE. — *Bleus de molybdène. Sur le bleu de molybdène amorphe colloïdal.* Note de M. **Victor Auger** et Mlle **Nina Ivanoff**, présentée par M. Georges Urbain.

Depuis l'étude du bleu de molybdène par Berzelius, en 1826, il a été présenté sous ce nom, comme espèces chimiques distinctes, une douzaine de *bleus* tous amorphes, et formant dans l'eau une dispersion colloïdale. Leur formule brute est comprise entre Mo^3O^8 et $Mo^{26}O^{77}$, en ne tenant compte que du molybdène et de l'oxygène. Une critique, même superficielle, des mémoires publiés à ce sujet, montre que les produits obtenus n'offrent aucune garantie de pureté et que leur préparation, dans la plupart des cas, ne pouvait fournir autre chose que des mélanges.

Seul, M. Guichard [1] a donné un procédé permettant d'obtenir un

[1] *Comptes rendus*, 131, 1900, p. 389; *Ann. Chim. et Phys.*, 7e série, 23, 1901, p. 532.

bleu de molybdène de composition constante, en faisant réagir deux solutions, dont l'une, employée en excès, contient du chlorure de molybdène pentavalent, et l'autre du paramolybdate d'ammonium. Le mélange, suffisamment dilué à l'eau bouillie, fournit un précipité bleu au sein d'une liqueur colorée en rouge par l'excès du produit réduit. Le bleu obtenu par cette méthode possède une composition constante et bien définie, avec une moyenne de Mo °/₀ : 67,85, calculé pour le produit supposé anhydre.

Parmi les formules probables, M. Guichard avait choisi, à cause de sa simplicité, celle qui fut proposés par Berzelius, MoO^2, $4MoO^3$, et qui exige, Mo °/₀ 68,18. Comme il est admis aujourd'hui que la partie réduite du bleu est formée par l'oxyde Mo^2O^5, la formule adoptée par M. Guichard devient alors Mo^2O^5, $3MoO^3$. Après avoir effectué de très nombreuses analyses de bleus préparés en employant la technique de M. Guichard, en partant de solutions de composition bien définie et ne contenant pas d'autres éléments que Mo, O, H et Cl, nous avons obtenu, en employant des méthodes analytiques diverses, des nombres très voisins de ceux de M. Guichard, mais nous proposons la formule brute Mo^6O^{17}, qui correspond à Mo °/₀ 67,92 et qui peut être notée Mo^2O^5, $4MoO^3$.

Voici les résultats obtenus en employant des solutions dont la teneur en Mo^V et en Mo^{VI} varie considérablement. Nous notons la composition du mélange réagissant, et du bleu obtenu, exprimées en oxyde Mo^nO^{3n-1}

Liqueur....... $Mo^4.Mo^5\ .Mo^{5,5}.Mo^6\ .Mo^{6,5}.Mo^7\ .Mo^9\ .Mo^{12}\ .Mo^{14}\ .Mo^{20}\ .Mo^{24}$,

Précipité...... $Mo^6.Mo^{6,2}.Mo^{6,2}.Mo^{6,2}.Mo^{6,6}.Mo^{7,4}.Mo^{7,6}.Mo^{8,3}.Mo^{8,3}.Mo^{9,1}.Mo^{9,3}$.

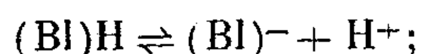
On voit que, pour les liqueurs dont la composition est comprise entre $Mo^V + Mo^{VI}$ et $Mo^V + 4Mo^{VI}$, les précipités ont une formule constante Mo^6O^{17}, tandis que, lorsque la proportion de Mo^{VI} augmente dans le mélange, les précipités se chargent d'une quantité de MoO^3 croissante en excédent, et la forme de la courbe indique nettement qu'il y a là un phénomène d'adsorption. Cette supposition a été justifiée par les résultats de l'analyse de ces produits, après qu'on les a soumis à un mode de purification qui ne semble pas devoir altérer le bleu qu'ils contiennent.

La solubilité de celui-ci dans certains liquides organiques a été étudiée par J. Duclaux et R. Titéica ([2]), et nous avons choisi l'alcool butylique, comme le plus commode à employer : en effet le colloïde bleu, dispersé en solution aqueuse, passe dans la couche alcoolique lorsque, grâce à la présence d'un acide fort, ClH ou SO^4H^2, son ionisation est suffisamment

---

([2]) J. Duclaux et R. Titéica, *Rev. générale des Colloïdes*, 7, 1929, p. 294.

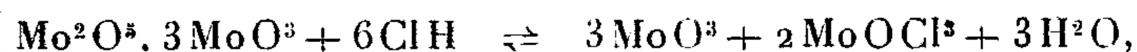
empêchée par l'excès d'ions H^+ introduits. Si nous notons le bleu de molybdène (Bl)H, nous avons en milieu aqueux, l'équilibre



$$(Bl)H \rightleftharpoons (Bl)^- + H^+;$$

l'addition d'ions H^+ le déplace en faveur de (Bl)H soluble dans les solvants organiques cités par Duclaux et Titéica, tandis qu'au contraire, si l'on enlève les ions H^+ en excès, par simples lavages à l'eau distillée de la solution organique, le bleu ionisé passe totalement dans la phase aqueuse. Par ce procédé, en effectuant des lavages avec de l'eau légèrement acidulée par ClH ou SO^4H^2, on enlève toutes les substances solubles étrangères au bleu, c'est-à-dire les sels minéraux éventuels, le Mo^{V+} ou le MoO^3, ou même le mélange des deux, s'ils n'ont pu réagir l'un sur l'autre par suite de l'acidité trop forte de la solution aqueuse. Après avoir chassé l'alcool butylique par la vapeur d'eau, la solution aqueuse bleue, refroidie en atmosphère de CO^2, donne à l'analyse des chiffres oscillant entre $Mo^{6,1}$ et $Mo^{6,3}$. C'est ainsi qu'un bleu amorphe de formule brute $Mo^{9,3}$ a fourni un bleu purifié de formule $Mo^{6,3}$.

Nous avons étudié d'assez près l'action décomposante qu'exerce ClH sur le bleu de molybdène; M. Guichard a montré qu'à froid c'est seulement lorsque la concentration dépasse 200^g de ClH au litre que le bleu se dissout; il considère la réaction comme réversible et pouvant être schématisée par



$$Mo^2O^5, 3MoO^3 + 6ClH \rightleftharpoons 3MoO^3 + 2MoOCl^3 + 3H^2O,$$

mais nous avons déterminé en outre le taux de ClH pour lequel les solutions ne réagissent plus pour donner du bleu, et nous trouvons qu'au-dessus de 2 pour 100 de ClH, le mélange reste clair, ou verdit à peine sans déposer de précipité. On voit qu'il n'est guère possible de parler de réaction réversible et que le bleu de molybdène, considéré comme un sel par M. Guichard se comporte bien plutôt comme un complexe ionisable.

Notre étude ne fait que débuter, mais nous croyons pouvoir affirmer dès maintenant que :

1° Il n'a été obtenu jusqu'ici qu'un seul bleu de molybdène; celui de M. Guichard.

2° Ce bleu possède la formule brute exprimée en oxyde $Mo^6O^{17}, 7H^2O$; une partie de cette eau est certainement de l'eau de constitution.

3° Le bleu de molybdène amorphe et colloïdal est un complexe ionisable en dispersion aqueuse, et sa constante est voisine de celle de l'acide molybdique.

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur un complexe formé par l'iodure de plomb et l'iodure de lithium en solution aqueuse.* Note [1], de Mme **Nathalie Demassieux** et M. **Louis Roger**, présentée par M. Georges Urbain.

L'existence d'un sel double $PbI^2 2Li 4H^2O$ a été signalée par Mosnier [2]. La formule de ce composé ne correspond pas à celle que nous avons attribuée aux complexes formés par l'iodure de plomb et les iodures de potassium ou d'ammonium [3]. L'étude de l'équilibre à 25° entre l'iodure de plomb et l'iodure de lithium en présence de leurs solutions saturées nous a révélé l'existence d'un complexe, $PbI^2 LiI, 4H^2O$, qui, à l'eau près, a la composition des plombo-iodures de potassium et d'ammonium.

Cette formule a été établie par la méthode des restes et confirmée par l'analyse directe de quelques gros cristaux.

La courbe des solubilités à 25° est composée de trois branches, les

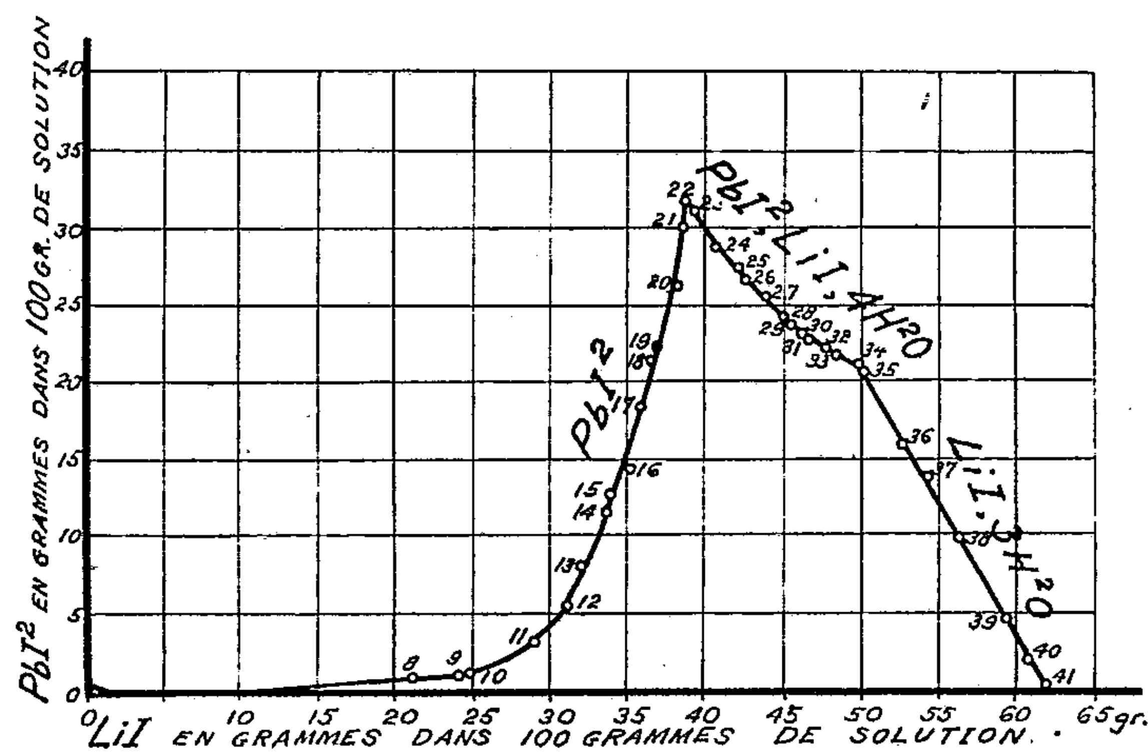


Fig. 1.

phases solides en équilibre étant PbI^2 pour la première, le complexe $PbI^2, LiI, 4H^2O$ pour la deuxième et $LiI, 3H^2O$ pour la troisième. Pour des faibles concentrations en LiI la teneur en PbI^2 de la solution est presque nulle. Mais, dès que la solution contient environ 25 pour 100 de LiI, la concentration en plomb de la solution croît rapidement, elle atteint au premier point singulier 31g,91 de PbI^2 pour 38g,53 de LiI dans 100 grammes

(1) Séance du 19 mai 1937.

(2) *Ann. Chim. Phys.*, 7e série, 12, 1897, p. 374.

(3) Mme N. Demassieux, *Ann. Chim.*, 20, 1923, p. 233.

de solution. L'ensemble des résultats est traduit par la courbe (*fig.* 1); on a porté en abscisses les quantités d'iodure de lithium, et en ordonnées celles d'iodure de plomb en grammes dans 100 grammes de solution. En même temps que les solubilités, nous avons mesuré les densités et les indices de réfraction des solution saturées. Nous avons représenté les résultats par une courbe en employant comme abscisse la quantité de plomb total (*fig.* 2), contenue dans 100 grammes de solution. On obtient trois

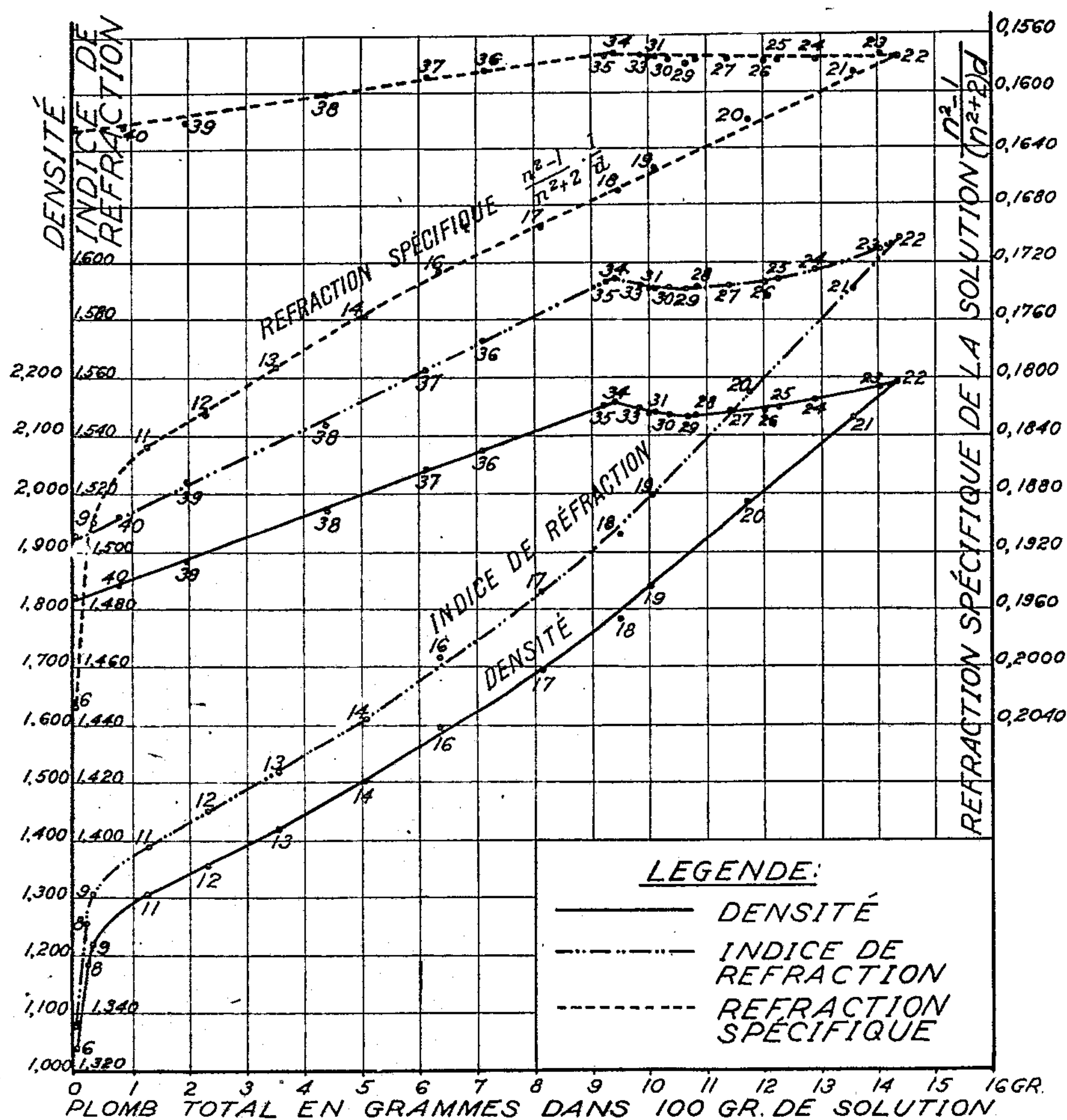


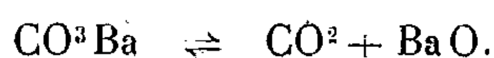
Fig. 2.

branches de courbe correspondant à celles de la courbe de solubilité. L'apparition d'une nouvelle phase est traduite par un point anguleux. La réfraction spécifique le long de la courbe correspondant au dépôt du complexe est constante aux erreurs d'expérience près.

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur la décomposition thermique des carbonates de baryum.* Note de MM. **Louis Hackspill** et **Georges Wolf**, présentée par M. Marcel Delépine.

Le carbonate de baryum naturel ou *withérite* cristallise dans le système rhombique, il est isomorphe de l'aragonite. Le carbonate précipité à la température ordinaire possède la même forme et il est plus pur. L'action de la chaleur sur ce sel a fait l'objet de plusieurs études qui ne concordent pas sur tous les points.

Deux transformations allotropiques ont été signalées, l'une à 810°, l'autre à 983°. La température de fusion du carbonate pur dans une atmosphère d'anhydride carbonique est, d'après Bœke (1), de 1380°; l'addition de baryte l'abaisse notablement. Enfin on admet généralement avec Dutoit (2) l'existence en vase clos, d'un équibre monovariant



$$CO^3Ba \rightleftharpoons CO^2 + BaO.$$

La pression du gaz carbonique dégagé n'est perceptible que vers 800° et atteint une atmosphère vers 1400°. Divers auteurs ont admis la formation intermédiaire de carbonates basiques.

Nous avons repris cette étude en adaptant au carbonate de baryum un appareil utilisé récemment par l'un de nous (3) pour la dissociation du carbonate de calcium, mais avec enregistrement simultané de la température et de la pression en fonction du temps.

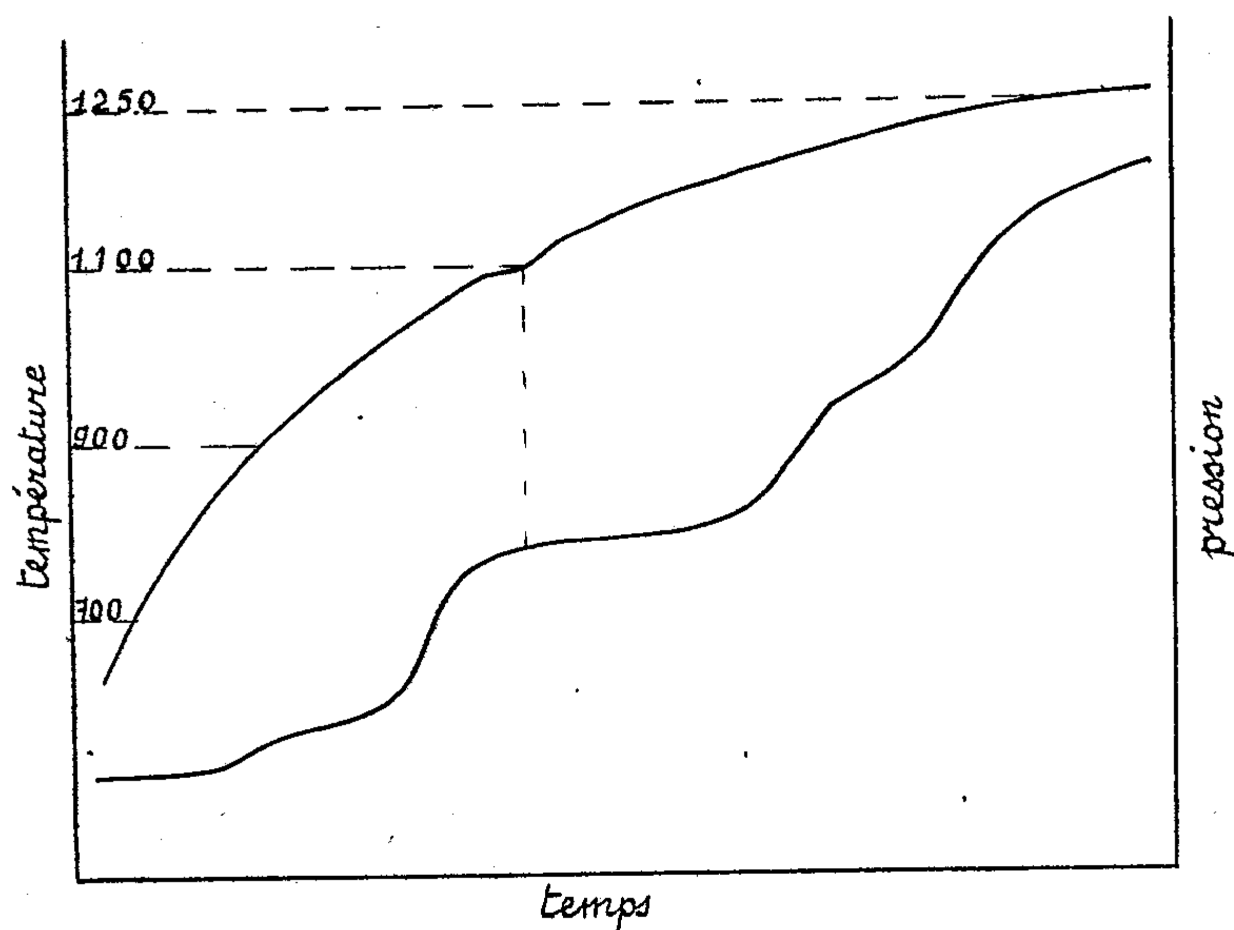
Il est facile d'obtenir un échauffement régulièrement croissant, partant une courbe de tenpérature presque rectiligne. La forme de la courbe des pressions varie un peu avec la vitesse de chauffe, mais l'on y retrouve toujours les mêmes paliers et les mêmes discontinuités.

La figure ci-contre reproduit un enregistrement fait entre 700° et 1250° en quatre heures environ. La courbe des pressions (courbe inférieure) présente deux paliers : l'un vers 910°, l'autre de 1070° à 1150° pour une pression de 3^{mm} à 5^{mm}. Deux discontinuités se manifestent pour des températures plus élevées.

Nous attribuons le premier palier à une transformation allotropique;

(1) *Neues Jahrb. Min.*, **91**, 1912, p. 91.
(2) *J. Chim. Phys.*, **24**, 1927, p. 110.
(3) L. Hackspill, *Comptes rendus*, **203**, 1936, p. 1261.

pendant la durée de cette transformation le système présente une phase supplémentaire et devient invariant : par suite, la pression du gaz carbonique reste constante. Le second palier correspond à la fusion du mélange



eutectique de carbonate et d'oxyde de baryum, il présente un maximum lorsque 1/3 environ de la substance a été décomposé.

L'eutectique serait donc voisin de $2CO^3Ba$-BaO, ce qui explique le fait en apparence paradoxal, qu'en augmentant le poids de carbonate pour un même volume d'appareil, on diminue la longueur du palier jusqu'à le rendre imperceptible si l'on se contente de tracer la courbe par pointés successifs.

Finkelstein ([1]) avait déjà signalé l'existence d'une zone de pression constante et l'avait attribuée à la formation d'un carbonate basique; mais l'analyse à l'aide des rayons X réalisée grâce à l'obligeance de M. Wyart, que nous remercions vivement, nous a montré, pour le produit fondu correspondant au palier, uniquement les raies du carbonate mais plus floues, comme si elles provenaient de cristaux dilués dans une substance amorphe, sans doute l'oxyde de baryum qui ne se cristallise que difficilement.

Lorsque le produit est entièrement liquide, deux phases seulement sont en présence et le système devient divariant jusqu'au moment où, le gaz

([1]) *Ber. d. chem. Ges.*, 39, 1906, p. 1584.

continuant à être libéré, un excès d'oxyde de baryum se solidifie (crochet supérieur de la deuxième courbe).

On pourra trouver surprenant que la fusion soit à peine indiquée sur la courbe des températures, et que le changement de forme cristalline ne le soit pas du tout. Cela tient surtout à la faible quantité de matière mise en œuvre (5 à 10^{cg}) et également au fait que le couple thermo-électrique était placé contre la nacelle de platine sans plonger dans le sel.

Par refroidissement lent, une partie de l'anhydride carbonique peut se recombiner à la baryte lorsque cette dernière n'a pas été maintenue trop longtemps au-dessus de 1200°, mais en aucun cas on ne peut considérer ce phénomène comme une dissociation réversible, la variance du système prenant plusieurs valeurs différentes dans un intervalle d'environ 500°.

En résumé, le carbonate de baryum naturel ou artificiel est décomposé par la chaleur à une température qui, en gros, est supérieure d'environ 300° à celle nécessaire pour la calcite. Ce phénomène se complique d'au moins une transformation allotropique et de la fusion d'un eutectique CO^3Ba-BaO. L'examen aux rayons X n'a pas confirmé l'existence, plusieurs fois signalée, d'un carbonate basique.

On ne retrouve jamais, par refroidissement, une courbe des pressions de même forme que celle obtenue par échauffement.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur quelques dérivés organiques halogénés du plomb.* Note de M. **Michel Lesbre**, présentée par M. Georges Urbain.

Par extension aux plombites de la réaction dite de Meyer ([1]) nous avions déjà obtenu des *acides alcoyl-plomboniques* ([2]) du type $RPb(OH)^3$; ces composés présentent des analogies nombreuses avec les acides stannoniques étudiés antérieurement ([3]). Comme ces derniers, ce sont des corps amphotères, à tendance toutefois nettement plus basique : s'ils sont également solubles en milieu acide et en milieu basique, leurs sels trihalogénés $RPbX^3$ s'obtiennent plus facilement et sont beaucoup plus stables que les plombonates métalliques.

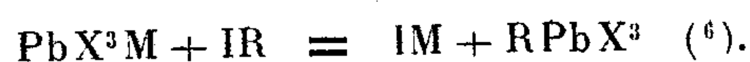
([1]) *Ber. d. chem. Ges.*, 16, 1883, p. 1442.

([2]) Cf. M. Lesbre, *Comptes rendus*, 200, 1935, p. 559.

([3]) Cf. M. Lesbre et Mlle G. Glotz, *Comptes rendus*, 198, 1934, p. 1426; M. Lesbre, *Bull. Soc. Chim*, 5e série, 2, 1935, p. 1189.

A titre de recoupement, nous avons préparé directement les *alcoyltrihalogénoplombanes* ([4]) en appliquant au plomb la méthode générale de préparation des dérivés organo-métalliques trihalogénés RMX^3 relative aux éléments de la quatrième colonne de classification périodique, que Tchakirian et ses collaborateurs ont exposée dans deux Notes précédentes ([5]).

Les complexes du type $[Pb^{+II}X^3]_- M_+$, où M désigne un métal alcalin fortement électropositif (Rb, Cs), réagissent sur les iodures d'alcoyle suivant le schéma



$$PbX^3M + IR = IM + RPbX^3 \quad ([6]).$$

Nous avons préparé le chloroplombite de cæsium. D'après Wells ([7]) les chlorures de plomb et de cæsium sont susceptibles de donner trois sels doubles $2\,Cl^2Pb, ClCs$, $Cl^2Pb, ClCs$, $Cl^2Pb, 4\,ClCs$. En fait, le composé équimoléculaire est un véritable complexe au même titre que les iodoplombites alcalins ([8]). On l'obtient facilement par voie humide en mélangeant une solution presque saturée à froid de ClCs à une solution bouillante de Cl^2Pb (en léger excès). L'ion chloroplombique est en effet détruit par un excès d'eau ou de chlorure alcalin.

On a fait réagir le complexe $PbCl^3Cs$ parfaitement anhydre sur les iodures d'éthyle, propyle et butyle normaux, à l'ébullition ou mieux sous pression, en présence d'une trace d'iode comme catalyseur. Au bout de quelques jours, la phase liquide était séparée et le résidu épuisé par l'éther. Après avoir soigneusement distillé l'iodure n'ayant pas réagi, on laissait refroidir et l'on notait le dépôt progressif de cristaux bruns, se décomposant dès 90° avant de fondre, solubles dans les solvants usuels.

Le plomb y était dosé à l'état de sulfate, après combustion de la substance dans l'acide nitrique fumant. Après hydrolyse à froid en présence d'ammo-

---

([4]) En raison des parentés qui unissent les composés organiques de l'étain et du plomb, nous adoptons pour ces derniers la même nomenclature, s'inspirant des règles du Congrès de Genève.

([5]) A. Tchakirian et M. Lewinsohn, *Comptes rendus*, **201**, 1935, p. 835; A. Tchakirian, M. Lesbre et M. Lewinsohn, *Comptes rendus*, **202**, 1936, p. 138.

([6]) La réaction est beaucoup moins aisée qu'avec les complexes de germanium ou d'étain, car dans ce cas le chlorostannite de potassium suffit. Ici, le chloroplombite de potassium ne donne aucun résultat.

([7]) *Z. anorg. Chem.*, **3**, 1893, p. 195.

([8]) Cf. Burrage, *Chem. News*, **134**, 1927, p. 85.

niaque, on dosait l'halogène à l'état d'halogénure d'argent :



$$RPbX^3 + 3H^2O = RPb(OH)^3 + 3XH.$$

Tous les composés obtenus sont des *triiodoplombanes*, caractérisés par une forte odeur de feuillage, plus âcre que celle des dérivés correspondants de l'étain. La formation de triiodures laisse supposer une réaction entre l'iodure de cæsium et le trichloroplombane intermédiaire, suivant le processus



$$PbCl^3Cs + IC^2H^5 = ICs + C^2H^5PbCl^3,$$
$$C^2H^5PbCl^3 + 3ICs = 3ClCs + C^2H^5PbI^3.$$

Au sein de la pyridine, les triiodoplombanes donnent à 0° des dérivés d'addition peu solubles $RPbI^3, 2C^5H^5N$ de couleur orangée, se décomposant à chaud en libérant de l'iode.

Tous ces composés sont hydrolysés en donnant les acides plomboniques correspondants, comme on l'a vu ci-dessus.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sels et complexes dérivés des* 6-*méthyl- et* 8-*méthyl-*4-*hydroxyquinaldines*. Note de MM. **André Meyer** et **Henri Drutel**, présentée par M. Marcel Delépine.

Comme suite à de précédentes recherches sur la 4-*hydroxyquinaldine* (1) nous avons étudié les propriétés et les dérivés des 6-*méthyl- et* 8-*méthyl-*4-*hydroxyquinaldines*, préparées par Conrad et Limpach (2), lesquelles n'ont fait l'objet, depuis leur découverte, d'aucun travail d'ensemble. Il nous a paru intéressant d'examiner leur réactivité chimique et, le cas échéant, de faire entreprendre l'étude physiologique des principaux composés obtenus. La présente Note a pour but de décrire quelques sels minéraux et organiques, les éthers-oxydes et les sels d'ammonium quaternaires des deux quinaldines précitées.

Sulfates. — Les sulfates *neutres* $(C^{11}H^{11}ON)^2SO^4H^2$ constituent des cristaux blancs, solubles dans l'eau, dissociables : *para*, PF. 240°; *ortho*, PF. 222°. Le sulfate acide de la 8-méthylhydroxy-4-quinaldine $(C^{11}H^{11}ON)SO^4H^2$, PF. 207-208° seul a pu être isolé.

(1) André Meyer et Mlle Madeleine Maurin, *Comptes rendus*, 200, 1935, p. 931; Madeleine Maurin, *Annales de Chimie*, 4, 1935, p. 301-363.

(2) *Ber. d. chem. Ges.*, 21, 1888, p. 524.

Chlorhydrates. — Les chlorhydrates, $C^{11}H^{11}ONClH$ (*ortho*, PF. 220°; *para*, PF. 184-185°). Aiguilles blanches, solubles dans l'eau et l'alcool, sont très facilement hydrolysables.

Sels alcalins. — Très difficiles à isoler à l'état pur : seul le *sel de potassium* de la 6-méthyl-4-hydroxyquinaldine, PF. 313-315°, $C^{11}H^{10}ONK$, correspond à une formule définie.

Picrates. — L'acide picrique en milieu hydroalcoolique précipite respectivement les picrates des 6-méthyl- et 8-méthyl-4-hydroxyquinaldines, $C^{11}H^{11}ON, C^6H^2(NO^2)^3(OH)$, PF. 192° et 188°, en aiguilles jaunes.

Picrolonates. — Aiguilles jaunes, peu solubles, $C^{11}H^{11}ON, C^{10}H^8O^5N^4$, PF. 230° (6-méthyl), et 227-228° (8-méthyl).

SELS COMPLEXES. — Les méthylhydroxyquinaldines précipitent avec les réactifs généraux des alcaloïdes en donnant des sels complexes définis.

Iodobismuthates. — Ces sels se préparent dans les mêmes conditions que l'iodobismuthate de quinine, et, comme lui, se présentent en fins cristaux rouge orangé, solubles dans les alcalis dilués et les bases organiques, telles que la diéthylamine et la triéthanolamine; les solutions incolores redonnent, par neutralisation, l'iodobismuthate primitif. Ils sont décomposés par l'eau et l'alcool. Leur formule est $C^{11}H^{11}ON, I^3Bi, IH$, PF., 6-méthyl, 222° (déc.); 8-méthyl, 217° (déc.). Il est à noter que leurs teneurs en bismuth et en iode sont très voisines de celles de l'iodobismuthate de quinine (Bi pour 100, 23,45, au lieu de 23,66, et I pour 100, 57,01, au lieu de 57,79).

Iodomercurates. — Le réactif de Tanret fournit avec les solutions acides ou hydroalcooliques des quinaldines, des iodomercurates, blanc jaunâtre, peu solubles dans l'eau froide, solubles dans l'alcool et les alcalis, de formule $(C^{11}H^{11}ON)^2, I^2Hg, IH$, PF., 180-181° (8-méthyl) et 202° (6-méthyl).

Chloromercurates. — Le chlorure mercurique précipite, des solutions chlorhydriques des quinaldines, des chloromercurates blancs, bien cristallisés, $C^{11}H^{11}ON, Cl^2Hg, 2ClH$.

ÉTHERS-OXYDES. — Les sels de sodium des méthylhydroxyquinaldines, traités en milieu alcoolique par un excès de sulfate de méthyle ou d'éthyle, conduisent aux éthers-oxydes correspondants, cristallisant en belles aiguilles blanches, insolubles dans l'eau, solubles dans l'alcool et les solvants organiques, donnant des sels avec les acides et précipitant avec les réactifs généraux des alcaloïdes, insolubles dans les alcalis.

2-méthyl-4-méthoxy-6-méthylquinoléine, $C^{12}H^{13}ON$, PF. 107°.

2-méthyl-4-méthoxy-8-méthylquinoléine, $C^{12}H^{13}ON$, PF. 103°,5.

2-méthyl-4-éthoxy-6-méthylquinoléine, $C^{13}H^{15}ON$, PF. 75-76°.

2-méthyl-4-éthoxy-8-méthylquinoléine, $C^{13}H^{15}ON$, PF. 77°,5.

Sels d'ammonium quaternaires. — Par chauffage prolongé des 6-méthyl- et 8-méthylhydroxyquinaldines et de leurs éthers-oxydes en milieu alcoolique avec un excès d'iodure alcoolique, on prépare les iodures d'ammonium quaternaires correspondants. Les iodoéthylates des méthylhydroxyquinaldines se forment avec de bons rendements, tandis que les iodométhylates s'obtiennent beaucoup plus difficilement. Quant aux éthers-oxydes, leur réactivité est beaucoup moindre encore, et les rendements en sels d'ammonium quaternaires sont de l'ordre de 10 pour 100. Ils sont solubles dans l'eau bouillante, l'alcool, insolubles dans l'éther. Le nitrate d'argent élimine totalement l'halogène.

Iodoéthylate de 2-méthyl-4-hydroxy-6-méthylquinoléine, $C^{11}H^{11}ON$, C^2H^5I, aiguilles blanc jaunâtre, PF. 208°.

Iodoéthylate de 2-méthyl-4-hydroxy-8-méthylquinoléine, $C^{11}H^{11}ON$, C^2H^5I, aiguilles blanc jaunâtre, PF. 174-175°.

Iodométhylate de 2-méthyl-4-méthoxy-6-méthylquinoléine, $C^{12}H^{13}ON$, CH^3I, aiguilles blanches, légèrement rosées, PF. 214°. *Iodoéthylate de 2-méthyl-4-méthoxy-6-méthylquinoléine*, $C^{12}H^{13}ON$, C^2H^5I, PF. 187°. *Iodométhylate de 2-méthyl-4-méthoxy-8-méthylquinoléine*, $C^{12}H^{13}ON$, CH^3I, PF. 148-149°. *Iodoéthylate de 2-méthyl-4-éthoxy-8-méthylquinoléine*, $C^{13}H^{15}ON$, C^2H^5I, PF. 200°. *Iodométhylate de 2-méthyl-4-éthoxy-6-méthylquinoléine*, $C^{13}H^{15}ON$, CH^3I, PF. 220°. *Iodoéthylate de 2-méthyl-4-éthoxy-6-méthylquinoléine*, $C^{13}H^{15}ON$, C^2H^5I, PF. 208-209°.

Ces composés donnent facilement des *styril-quinoléines* colorées par condensation avec les aldéhydes aromatiques, en particulier avec l'aldéhyde *p*-diméthylaminobenzoïque, et la plupart, sous l'action des alcalis, fournissent des colorants du groupe des *isocyanines* : ces colorants feront l'objet d'une prochaine communication.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Condensation des carbures benzéniques avec l'éther chlorométhylique. Méthode d'alcoylation des noyaux aromatiques.* Note de MM. **Gustave Vavon** et **Jean Bolle**, présentée par M. Robert Lespieau.

Sommelet [1] a montré que l'éther chlorométhylique se condense avec les carbures aromatiques, en présence de chlorure stannique, suivant la réaction $Ar - H + CH^3 - O - CH^2Cl \rightarrow ArCH^2Cl + CH^3OH$.

---

[1] *Comptes rendus*, 157, 1913, p. 1443.

Au cours d'un travail sur le mésitylène nous avons constaté que cette condensation peut se faire, avec d'excellents rendements, dans l'acide acétique en l'absence de tout catalyseur.

A titre d'exemple, voici l'une des préparations réalisées : On dissout 120^g de mésitylène (1^{mol}) et 88^g d'éther chlorométhylique ($1^{mol},1$) dans 300^{cm^3} d'acide acétique. On abandonne le mélange dans un ballon scellé pendant 17 heures à 80°. On le verse ensuite dans l'eau, on extrait à l'éther de pétrole et rectifie sous vide : 130^g passent à 121°-123° sous 19^{mm}. Rendement 80 pour 100.

Afin de vérifier la généralité de cette méthode de condensation, nous l'avons appliquée à toute une série de carbures benzéniques et nous avons de plus cherché comment varie la vitesse de réaction en fonction de la structure du carbure.

Dosage. — Le mélange à doser est jeté dans l'eau et extrait au benzène, l'éther non entré en réaction reste dans l'eau où il est détruit presque instantanément; il suffit de titrer l'acide chlorhydrique formé par le nitrate d'argent.

Résultats. — Les mesures ont été effectuées sur des solutions demi-normales à 65° pour le mésitylène et son dérivé chlorométhylé, à 65° et 100° pour le métaxylène et le pseudocumène, à 100° pour les autres carbures étudiés. Pour comparer les résultats obtenus à 65° et à 100° nous avons adopté le rapport de vitesse trouvé pour le *m*-xylène et le pseudocumène soit 11 (10, et 11,5). Dans le tableau ci-dessous figurent les temps en heures nécessaires pour qu'à 65° la réaction soit au taux de 30 pour 100 :

Benzène	600	Toluène	200
Ethylbenzène	340	Isopropylbenzène	260
Diphényle	290	*o*-Xylène	100
p-Xylène	280	*m*-Xylène	24
Pseudocumène	13	Mésitylène	1
Chlorure de 2.4.6-triméthylbenzyle	45		

Les alcoyles, particulièrement le méthyle, facilitent la réaction, ils l'orientent en ortho, et surtout en para. Par suite, plusieurs alcoyles ont des effets concordants s'ils sont en méta, d'où les grandes vitesses observées pour le *m*-xylène, le pseudocumène (1.2.4-triméthylbenzène) et plus encore pour le mésitylène (1.3.5-triméthylbenzène) *qui agit* 600 *fois plus vite que le benzène*.

Le groupe CH^2Cl diminue beaucoup la vitesse de réaction, son introduction dans le mésitylène réduit la vitesse dans le rapport 45 à 1. Ceci

explique pourquoi, dans ces condensations, on n'obtient que très peu de dérivé dichlorométhylé.

Préparation des dérivés chlorés. — Voici les rendements obtenus (les dérivés chlorés ont été caractérisés par les alcools, leur phényluréthane ou les acides correspondants) :

Toluène → chlorure de *p*-méthylbenzyle (25 %) — *o*-xylène → chlorure de diméthyl-3.4-benzyle (35 %) — métaxylène → chlorure de diméthyl-2.4-benzyle (50 à 60 %) — pseudocumène → chlorure de triméthyl-2.4.5-benzyle (50 à 60 %) — mésitylène → chlorure de triméthyl-2.4.6-benzyle (80-85 %).

Méthode d'alcoylation des noyaux aromatiques. — Par hydrogénation au noir de platine, le groupe CH^2Cl est transformé en CH^3, tandis que le noyau ne s'hydrogène qu'ensuite et bien plus difficilement.

La condensation d'un carbure aromatique avec l'éther chlorométhylique, suivie d'une hydrogénation limitée, permet donc d'obtenir l'homologue supérieur.

A titre d'application nous avons réalisé la suite de réactions qui conduisent du mésitylène à l'hexaméthylbenzène. Voici les rendements obtenus :

Mésitylène (53^g) → dérivé chloré (57^g) → tétraméthylbenzène (37^g) → dérivé chloré (30^g) → pentaméthylbenzène (21^g) → dérivé chloré (23^g) → hexaméthylbenzène (16^g) F. 166° (corr.).

L'éther chlorométhylique en solution acétique se condense non seulement avec les carbures benzéniques, mais aussi avec d'autres corps aromatiques : naphtalène, anisol, phénéthol, *p*-méthylanisol; là encore, dans les dérivés formés, le groupe CH^2Cl s'hydrogène en CH^3; de même $CHCl—CH^3$ s'hydrogène en C^2H^5.

L'ensemble des deux réactions, condensation et hydrogénation constitue donc une méthode générale d'alcoylation en série aromatique (que la condensation soit faite par la technique ci-dessus, par celle de Sommelet, ou par celle de Quelet au départ d'aldéhyde et HCl).

Cette méthode d'alcoylation est très douce, elle évite les isomérisations et permet d'introduire un seul alcoyle à la fois. La substitution se fait presque uniquement en para, cette méthode complète donc celle de Friedel et Crafts où la substitution se fait surtout en méta.

GÉOLOGIE. — *Sur la part des phénomènes statiques et dynamiques dans la genèse du Cristallophyllien.* Note de M. **André Demay**, présentée par M. Louis de Launay.

I. *Métamorphisme statique.* — Dans un milieu soumis à des tensions statiques (tractions ou pressions), l'orientation cristallophyllienne, suivant la théorie de Becke, peut provenir de la variation de la solubilité avec la tension (principe de Riecke), les grains ou cristaux anciens se dissolvant perpendiculairement à la pression principale et s'accroissant dans les autres directions. En fait, dans les séries épimétamorphiques que j'ai étudiées, le microscope ne montre pas pour les anciens grains détritiques une évolution de cette espèce. La coexistence de biotite et de muscovite orientées et de grains de quartz à forme non allongée ne s'accorde pas non plus avec l'hypothèse de dissolution et cristallisation suivant le principe de Riecke. Le principe d'orientation des plans de grande densité réticulaire perpendiculairement à la pression a été invoqué par Pierre Termier. F. E. Wright a bien observé la cristallisation de wollastonite orientée dans un cube de silicate vitreux chauffé au-dessous du point de fusion et chargé. Mais, les parois latérales n'étant pas maintenues, il y a ici écoulement lent et orientation suivant le mouvement plutôt qu'un phénomène vraiment statique. Daubrée a réalisé une cristallisation orientée d'acide borique dans une argile comprimée. Mais il a insisté sur le fait que toutes ces expériences de schistosité artificielle ne réussissent que si la matière peut s'écouler perpendiculairement à la pression.

La variation de la vitesse de cristallisation suivant la direction pourrait être le facteur statique prépondérant. D'après une expérience de C. E. Becker et A. L. Day, confirmée par M. S. Taber, la vitesse de croissance d'un cristal d'alun dans une solution saturée est beaucoup plus grande perpendiculairement à la pression exercée sur lui par une charge. La pesanteur, dans le milieu élastique que constituent toutes les roches (même les argiles après compression), peut en fait, jusqu'à une certaine profondeur, donner lieu à des tensions compressives inégales. Pourtant des cristallisations non orientées par la pesanteur apparaissent dans des roches qui, à ce moment, supportaient une charge considérable. En dehors de la pesanteur, il faudrait admettre des tensions tractives dans le plan des couches. Or de telles tractions, fréquentes à l'état de mouvement (même

pour les liquides), se transmettent difficilement à l'état statique, en raison de la faible résistance des roches à la traction (environ 1/10e de la résistance à la pression). Il y a d'ailleurs lieu de noter que dans l'expérience précitée de Becker et Day il résulte du texte original que la variation de la vitesse de cristallisation est en rapport étroit avec les facilités de circulation de la solution près du cristal. Cette remarque et les observations microscopiques conduisent donc à accorder une importance particulière aux facilités de circulation liées à l'existence de lits stratifiés, d'une schistosité ou de surfaces de glissement antérieures. Les deux derniers cas ramènent par voie indirecte aux phénomènes dynamiques.

II. *Métamorphisme dynamique.* — En dehors même du Cristallophyllien, la schistosité, quoiqu'en général postérieure au plissement, est toujours liée à une orogenèse (P. Fourmarier, A. Born, Balk). Les cristallisations, lorsqu'elles existent, sont en rapport avec le phénomène dynamique. Le même phénomène joue un rôle fondamental dans la genèse du Cristallophyllien. Dans les séries épimétamorphiques, même lorsqu'il y a doute sur l'origine statique ou dynamique du métamorphisme initial, dans les plans de glissement, on observe au microscope et à l'œil nu une cristallisation réglée par le phénomène dynamique (Cévennes méridionales et Rouergue). Dans les parties plus profondes, j'ai signalé pour certaines phases l'importance de cristallisations non orientées (B. 19 *bis*, B. 30, etc.) [1]. Seuls des mouvements différentiels, dont la trace est incontestable au microscope, établissent ou maintiennent l'orientation cristallophyllienne, par déformation plastique des minéraux, par la naissance de surfaces de glissement, suivie de recristallisation ou facilitant la diffusion à l'état solide ou le cheminement de solutions.

Près de Planfoy, la plaque B. 14 montre des lits de biotite et de muscovite qui traversent les cristaux antérieurs. Des gneiss amphiboliques présentent exactement l'aspect microscopique de certains métaux laminés à chaud (B. 4). La naissance de lits gneissiques par laminage, injection ou recristallisation subséquentes, peut être observée fréquemment dans le complexe cévenol (B. 44, 47, 48, 49).

Pour le matériel d'origine éruptive (orthogneiss) et pour les gneiss d'injection (B. 54, 55, 65, etc.) l'influence dynamique est évidente; mais même dans les séries paragneissiques, l'intercalation d'orthogneiss amphiboliques et la stucture microscopique montrent que la cristallisation

---

(1) Plaques minces conservées à l'École des Mines.

orientée actuellement visible est pour une grande part en rapport avec les phénomènes dynamiques (B. 16, 34, 39).

En résumé, la texture cristallophyllienne peut naître à l'état statique, soit par l'influence de l'inégale répartition des tensions compressives dues à la pesanteur sur la vitesse de cristallisation et peut-être sur l'orientation des cristaux, soit plutôt par suite de l'inégale facilité de diffusion atomique ou de circulation de solutions. Mais elle est surtout en rapport direct ou indirect avec les phénomènes dynamiques. De même que pour les métaux, la cristallisation orientée peut être légèrement postérieure au mouvement qui la provoque ou la facilite. En dehors de l'orientation, la cristallisation elle-même dépend parfois d'une manière indirecte des phénomènes dynamiques, mais est commandée surtout par d'autres facteurs physico-chimiques. Sur plusieurs points, ces conclusions s'accordent bien avec les idées anciennes de Daubrée et avec les conclusions de MM. G. Tammann, P. Niggli, B. Sander, W. Schmidt, C. Wegmann et H. Kranck.

GÉOLOGIE. — *Sur l'attribution à l'Oligocène d'une partie des terrains nummulitiques de la Kabylie du Djurdjura et de son prolongement occidental* (*département d'Alger*). Note [1] de M. **Jacques Flandrin**, présentée par M. Charles Jacob.

En 1890, dans sa Thèse, puis de 1895 à 1912, sur les Feuilles au 1/50000e de Palestro, Drâ-el-Mizan, Fort-National, Bouira et Tazmalt, Ficheur a distingué sous les noms de *poudingues infranummulitiques et marnes*, *grès et calcaires à* N. aturicus d'une part, de *poudingues supranummulitiques*, *grès des Beni Khalfoun et grès de Drâ-el-Mizan* d'autre part, deux groupes de terrains qu'il rangeait dans l'Éocène moyen. Pour lui le premier de ces ensembles constituait son *étage* A (Lutétien inférieur), le second son *étage* C (Lutétien supérieur-Bartonien). Il plaçait entre les deux son *étage* B formé par des calcaires massifs à Nummulites.

En 1932, M. L. Glangeaud a montré, pour la région s'étendant à l'Ouest des Gorges de Palestro, que cette classification appelait des rectifications et que, notamment, l'étage A de Ficheur n'était, « suivant les points, qu'un faciès de l'étage B (Lutétien) ou l'équivalent de l'étage C ». Quant à ce dernier, il devait être réuni à l'étage E (Numidien), l'un et l'autre ne

---

[1] Séance du 25 juin 1937.

représentant « qu'une seule et même division stratigraphique d'âge éocène supérieur ».

Pour toute la région comprise entre les Gorges de Palestro, à l'Ouest, et le Col de Tirourda, à l'Est, sur environ 80^{km}, j'ai dû reconnaître moi aussi que les subdivisions créées par Ficheur étaient à modifier. Partout les étages A et C passent latéralement de l'un à l'autre. Lorsque le Lutétien vrai apparaît en contact avec l'un de ces deux étages, ce dernier lui est toujours superposé et se montre transgressif par rapport à lui. Enfin j'ai pu reconnaître, entre Chabet-el-Ameur et Boghni, que l'étage C représentait un faciès latéral des *Argiles et Grès numidiens* rangés jusqu'alors dans l'Éocène supérieur.

Mes observations corroborent donc entièrement, en ce qui concerne la succession des différents niveaux du Nummulitique, les faits reconnus par M. L. Glangeaud dans sa région d'étude. Toutefois, il n'en est pas de même de l'âge à attribuer au complexe groupant les étages A, C et E (Numidien) de Ficheur.

Pour M. L. Glangeaud, la plus grande partie de celui-ci doit être rapportée à l'Éocène supérieur. Il admet que sa base peut être encore lutétienne tandis que ses couches terminales pourraient représenter une partie de l'Oligocène ([2]). La découverte de fossiles nouveaux me permet de dire que, depuis la région de l'Arbatache ([3]) à l'Ouest, sur la Feuille l'Arba, jusqu'au delà du village indigène de Selloum à l'Est, sur la Feuille Tazmalt, l'ensemble de ces terrains doit être notablement rajeuni.

Au Nord et au Sud de la *Chaîne calcaire kabyle* j'ai trouvé, *dès la base de ces couches nummulitiques* et en de nombreux gisements (20 environ), des Foraminifères tels que *N. incrassatus* (B et A), *N. vascus*, *N. intermedius*, *N. Fichteli; Nephrolepidina Tournouëri*, *Nephr. simplex*, *Nephr. marginata*, *Nephr. partita; Eulepina dilatata*, *Eulep. levis*, *Eulep. Roberti*, *Eulep. Raulini*, *Eulep. formosoïdes* ([4]). En dehors de cinq gisements où elle se trouve à l'état pur, cette faune est toujours mélangée à une proportion très forte (90 à 100 %) de grands Foraminifères de l'Éocène moyen et supé-

([2]) L. GLANGEAUD, *Carte géologique détaillée au 1/50000e*, Feuille l'*Arba*. Alger, 1935.

([3]) Gisement découvert par M. A. Ayme, Collaborateur au Service de la Carte géologique d'Algérie.

([4]) A Tizi-Djaboub, par exemple, on y trouve *N. Murchisoni*, *N. Heeri*, *N. aturicus*, *N. Rouaulti*, *N. millecaput*, *N. helveticus*, *N. Beaumonti*, *N. Fabianii* (A et B) et plusieurs espèces d'Orthophragmines.

rieur. C'est ce qui avait conduit Ficheur à ranger ses étages A et C dans le Lutétien. Pour ma part j'avais pensé tout d'abord voir là une nouvelle preuve de l'existence des Lépidocyclines à l'Éocène. Je dois reconnaître actuellement que les conclusions dans ce sens que j'avais apportées dans deux Notes précédentes ([5]) sont erronées. L'âge de ces couches à *N. intermedius* et à Lépidocyclines est certainement oligocène et les mélanges de faunes sont dûs à des phénomènes de *remaniement*.

L'attribution à l'Oligocène, dans la région du Djurdjura, des anciens étages A et C de Ficheur, ainsi que d'une partie de son étage E (Numidien), pose un important problème d'ordre paléogéographique. En effet l'ensemble de ces terrains ne peut être séparé, au point de vue cycle sédimentaire, des couches numidiennes qui, au Nord du massif primaire kabyle, dans la région de Dellys, et au Sud de ce même massif, au Dj. Morissane ([6]), englobent le Priabonien et une partie de l'Oligocène. Il faut donc admettre qu'à l'Eocène supérieur le massif primaire kabyle et sa chaîne calcaire méridionale (Djurdjura s. l.) étaient exondés tandis que la mer recouvrait, au Nord et au Sud, les bassins déprimés qui les entouraient. A l'Oligocène une transgression se fit sentir sur les bords de ces bassins, recouvrant la région précédemment émergée et y déposant des sédiments grossiers (grès et poudingues) qui provenaient en partie du démantèlement des couches terminales, fossilifères, du Lutétien supérieur.

L'existence d'Oligocène certain dans le Djurdjura et dans son prolongement occidental met enfin en évidence une phase orogénique très importante qui n'avait pas encore été reconnue dans cette région. Dans le Djurdjura proprement dit les sédiments oligocènes sont compris dans tous les grands accidents de la chaîne. Il en est de même dans le massif du Dj. bou Zegza (voir la Thèse de L. Glangeaud, planche B). Il semble donc qu'il y ait eu, soit à la fin de l'Oligocène inférieur, soit au début de l'Oligocène supérieur ([7]), une période d'orogénèse intense qui plissa énergiquement la chaîne calcaire kabyle. L'existence de cette phase majeure est confirmée par l'accumulation, au pied du Djurdjura, dès l'Aquitanien, de formations de piedmont très puissantes résultant de l'érosion active qui succéda à cette période orogénique.

([5]) J. Flandrin, *B. Soc. géol. Fr.*, 5e série, 4, 1934, p. 251, 3 pl.; F. Ehrmann et J. Flandrin, *Comptes rendus*, 200, 1935, p. 152.

([6]) J. Flandrin et G. Lucas, *Comptes rendus*, 198, 1934, p. 1937.

([7]) Il ne m'est pas encore possible de préciser la limite supérieure des formations oligocènes étudiées dans cette Note.

GÉOLOGIE. — *Présence du Carbonifère marin dans l'ouadi Abou Darag (Désert Arabique).* Note de M. **Jean Cuvillier**, présentée par M. Charles Jacob.

Les fossiles du Carbonifère marin de l'ouadi Abou Darag, auquel est consacrée cette Note préliminaire, ont été découverts par MM. Brinckmeier et Parks, géologues de la Vacuum Oil Company, actuellement en Égypte.

Le gisement, auquel je n'ai pu rendre qu'une courte visite, se situe à quatre kilomètres environ à l'Ouest de la mer Rouge. Dans l'ascension de l'ouadi, bientôt encombré par d'innombrables blocs, de toutes dimensions, de grès, de calcaire et de dolérite, on franchit d'abord les couches plongeant vers le Nord-Ouest d'un grès de dureté, de grain et de couleur excessivement variables, formant à divers niveaux des seuils de plus en plus marqués à mesure que l'on s'éloigne du rivage.

Le premier banc fossilifère auquel on parvient est un calcaire noirâtre, littéralement pétri de plaques et d'articles de Crinoïdes, dont la puissance ne paraît guère dépasser un mètre, dans sa plus grande épaisseur.

Lui font suite des grès rouges finement stratifiés, puis des alternances de marnes et de grès glauconieux, l'ensemble plongeant vers le NW comme la série sous-jacente.

Plus haut encore, on rencontre un second niveau fossilifère, constitué par un grès ocreux, mal agglutiné, dans lequel, provenant des récoltes de MM. Brinckmeier, Parks et de mes propres trouvailles, j'ai pu identifier les formes suivantes : *Spirifer* sp. aff. *fasciger* Keys., *Productus* sp., *Derbyia* aff. *senilis* Phil., *Edmondia oblonga* M'Coy, *Aviculopecten ægyptiacus* Walt., *Sanguinolites* aff. *variabilis* M'Coy, *Bellerophon* aff. *Antonii* Walt., *Bellerophon* cf. *tenuifasciata* de Kon., *Platyceras* sp., *Macrochilina* sp., *Murchisonia* aff. *angulata* Phil. et *Orthoceras* sp.

Recouvert par une nouvelle succession de grès que vient couronner le Cénomanien transgressif et grossièrement horizontal, ce Carbonifère, au moins son banc à Crinoïdes, serait, selon M. Parks, de nouveau visible un peu plus à l'Ouest, relevé probablement par une faille que les amas de débris et d'éboulis ne m'ont pas permis, dans le temps très limité dont je disposais, ni d'identifier, ni de situer exactement.

La découverte de ce Carbonifère marin, à plus de vingt kilomètres au Nord des gisements connus dans l'ouadi Araba, constitue un élément intéressant pour la paléogéographie et la stratigraphie égyptiennes. Par les Mollusques qui sont l'élément le plus abondant, les formations de l'ouadi Abou Darag se montrent étroitement apparentées à celles de la région située plus au Sud. Elles en diffèrent par contre, par leur extrême pauvreté en Brachiopodes qui, dans l'ouadi Araba, sont nombreux avec des Mollusques;

elles sont plus dissemblables encore des dépôts du Carbonifère situés de l'autre côté de la mer Rouge où les Mollusques sont rares et les Brachiopodes particulièrement abondants.

La position du Carbonifère marin de l'ouadi Abou Darag, qui comme les précédents, appartient à du Viséen intercalé dans des *grès de Nubie*, montre avec de nouveaux arguments, que la formation de ces grès a débuté bien avant la fin des temps primaires; on sait qu'elle s'est poursuivie, coupée par des interruptions correspondant à des épisodes franchement marins, jusqu'à la fin de l'ère secondaire.

PHYSIQUE DU GLOBE. — *Prospection de la carrière de trapp et de granit de Raon-l'Étape par les radiations pénétrantes*. Note de M. **Edmond Rothé** et Mme **Arlette Hée**, présentée par M. Charles Maurain.

Poursuivant nos recherches sur l'application des radiations pénétrantes à la prospection (1), nous avons observé le rayonnement dans la carrière de trapp et de granit de Raon-l'Étape. Les roches qu'on y rencontre ont fait l'objet de travaux de divers auteurs et notamment de MM. Albert Michel-Lévy et Henri Termier (2).

I. *Trapp bleu.* — Provenant de sédiments schisteux, marneux et calcaires de tufs d'andésite. Les expériences de laboratoire n'accusent aucune radioactivité par la méthode des rayons α. L'ionisation trouvée, $5i,8$ par centimètre cube, qui correspond donc à l'ionisation permanente, est prise comme base zéro pour l'effet des roches. Les chiffres ci-dessous exprimeront l'augmentation du nombre d'ions à partir de $5i,8$ (voir la carte).

II. *Trapp dit bigarré.* — Corne tachetée, mélange d'anciens sédiments et de débris pyroclastiques, métamorphisés par le granit. Les plaques minces indiquent la présence d'andalousite, de cordiérite et de nombreuses aiguilles de rutile : ionisation $9i,4$.

III. *Contact du trapp et du granit.* — Dans la tranchée des berlines d'exploitation : ionisation $10i,8$.

IV. *Granit de Raon.* — Granulite avec magnétite; les lames minces ont montré des grains d'oligiste et de gros zircons : ionisation maxima $23i,1$ dans la carrière.

V. *Granit de Raon.* — Dans la carrière abandonnée; les plaques minces accusent une plus grande quantité d'hématite que dans l'échantillon précédent : ionisation $20i,4$.

(1) E. Rothé et Mme A. Hée, *Comptes rendus*, 201, 1935, p. 892; 203, 1936, p. 268.
(2) *Comptes rendus*, 177, 1923, p. 334.

VI. *Granit.* — Dans la tranchée des berlines, contre la paroi sur une tablette rocheuse en plein granit : ionisation $23i,0$.

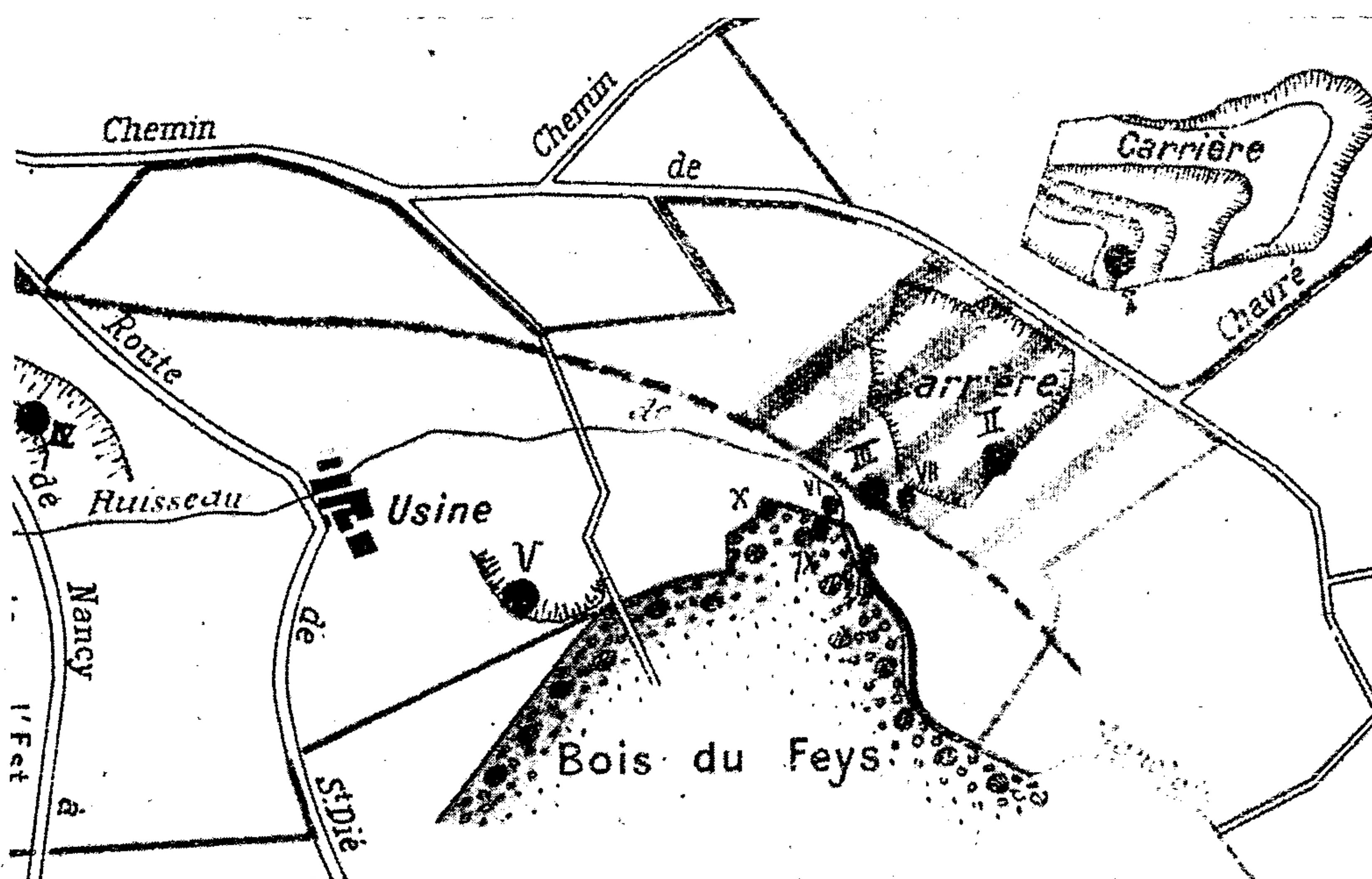
VII. *Trapp.* — A 25^m du contact, côté trop bigarré : ionisation $6i,0$.

VIII. *Granit.* — Au-dessus de la tranchée, dans le bois du Feys, à 25^m en avant du contact vers le trapp : ionisation $1i,0$.

IX. *Granit.* — Idem. En arrière vers le granit à 25^m du contact : ionisation $6i,1$.

X. *Granit.* — Idem, à 100^m du contact, au-dessus du granit, mais celui-ci est enfoui sous une épaisseur inconnue de couches et de terre végétale : ionisation $5i,8$.

Ces divers résultats montrent la différence importante entre les ionisations



produites par les radiations pénétrantes dues aux différentes couches et aussi la différence des effets avec la distance, la profondeur et la disposition des couches agissantes.

Des mesures analogues ont été exécutées dans d'autres carrières de la région et ont donné l'ionisation maxima ci-dessous, indiquée dans les conditions jugées les plus favorables :

Région Gérardmer-Tholy. — Granit de Bonnefontaine. (Les lames minces communiquées par M. Lacroix accusent des halos pléochroïques de radioactivité) : 1re carrière $9i,2$; 2me carrière : $14i,1$; au-dessus de blocs disséminés : $7i,6$; dans les alluvions et cailloux roulés de Tholy : $3i,6$; sur la route de Tholy à Tendon, granit et gneiss : $4i,5$.

Région de Senones. — Granit de Puids-Vermont : $16i,1$; minette, filons entre

Senones et Grandrupt : $8i,2$; trapp entre Senones et Grandrupt : $0i,5$; granit de Palon, variété dite feuille morte : $19i,7$; idem. variété dite corail : $16i,1$.

Ces expériences complémentaires vérifient celles de Sainte-Marie-aux-Mines et de Raon. L'ionisation au-dessus du trapp est très faible, nulle pour certains bancs bleus. Certains granits donnent au contraire une forte ionisation due en partie à la présence de zircons ou d'autres minéraux contenant des terres rares : les lames minces en ont montré dans le granit de Brifosse comme dans ceux de Raon et de Tholy.

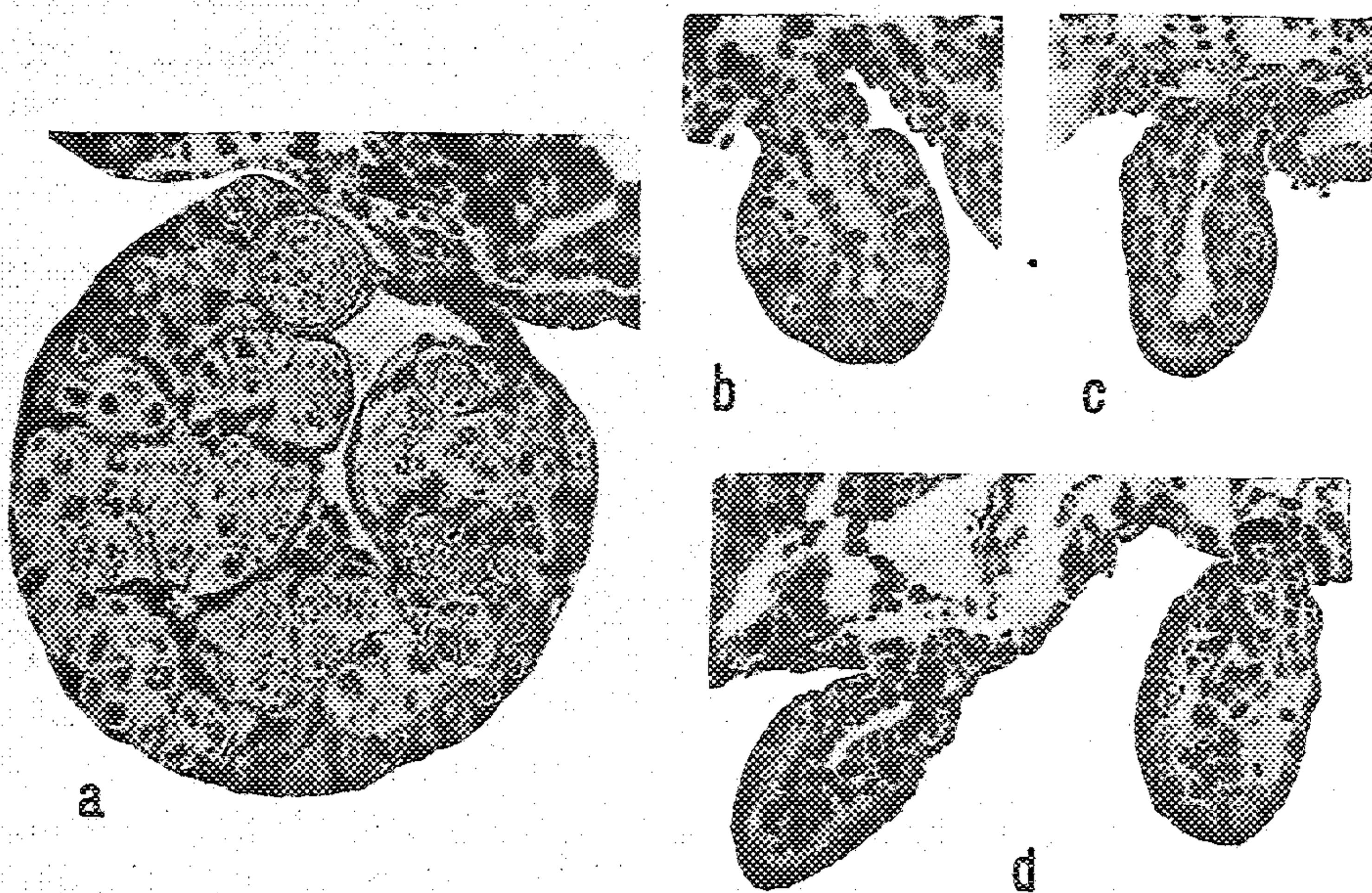
BIOLOGIE GÉNÉRALE. — *Le sort de la lignée germinale chez la Grenouille rousse après l'action des rayons ultraviolets sur le pôle inférieur de l'œuf.* Note de M. LOUIS BOUNOURE, présentée par M. E.-L. Bouvier.

En montrant (¹) que l'action des rayons ultraviolets appliqués au pôle inférieur de l'œuf de Grenouille avait pour conséquence, chez l'animal développé, une atrophie non équivoque des glandes génitales, nous avions avancé, sur la foi d'un premier et rapide examen microscopique, que cette atrophie était due à une déficience des cellules germinales et laissait intacts les éléments somatiques de la glande. Il convient de confirmer et de préciser cette indication par les données d'une étude histologique approfondie, poursuivie sur de nombreux sujets. Ceux-ci appartiennent à 12 séries d'expériences, réalisées en 1935 et 1936, sur autant de pontes différentes : dans chaque série 4 à 6 lots d'œufs ont reçu diverses doses de rayons ultraviolets. Le déficit considérable des cellules germinales, chez l'animal parvenu à la métamorphose, est bien visible sur les coupes de gonades atrophiques (*fig. b, c, d*) comparées à celle des gonades normales (*fig. a*).

La figure *a* donne une idée du nombre des ovocytes sur la coupe d'un ovaire normal; d'après ce nombre, ramené à la moyenne, on peut, pour les deux ovaires entièrement débités sur lames, évaluer à environ 12000 la quantité totale des ovocytes contenus dans une femelle. Chez le mâle, où la phase de multiplication des spermatogonies n'est pas achevée, le nombre de ces dernières peut être estimée à 3500 environ pour les deux testicules, dont les dimensions sont nettement moindres que celles des ovaires au même âge.

(¹) *Comptes rendus*, 201, 1935, p. 1223.

Dans nos 12 séries d'expériences les résultats concordent par l'ampleur du ravage qu'a subi la lignée germinale. Dans les cas où la destruction n'a pas produit ses effets extrêmes, on rencontre généralement 4 ou 5 gonocytes au maximum sur la coupe transversale de certaines portions de la glande, portions limitées, en dehors desquelles ces éléments se font plus



a, coupe d'ovaire normal; *b*, *c*, *d*, coupes de gonades atrophiques, avec quelques gonocytes (*b*, *c*) ou sans gonocytes (*d*). Microphotogr., gross. × 235.

rares ou absents. On peut estimer à 90 pour 100 au minimum la chute du nombre des cellules germinales, si l'on établit la comparaison avec le testicule normal, et cette chute s'établit à un taux plus élevé encore si l'on prend pour base le nombre des ovocytes dans l'ovaire.

Mais il existe des cas nombreux où les effets de l'irradiation sont encore plus prononcés : le nombre des gonocytes, devenu assez faible pour pouvoir être aisément compté, tombe à quelques dizaines, *ou même à quelques unités*, pour l'ensemble des deux gonades; nous avons ainsi observé, entre autres, un individu qui ne contenait que deux gonocytes, et un autre qui n'en avait plus qu'un seul; chez tous deux l'une des gonades était complètement dépourvue de cellules germinales. Toutefois, dans nos essais de 1935 et 1936, nous ne sommes pas parvenu à obtenir la suppression radicale et complète de la lignée reproductrice.

Éclairée par l'analyse histologique des gonades modifiées, notre expé-

rience n'en prend pas moins, d'ores et déjà, toute sa signification : le *déterminant germinal*, situé au pôle inférieur de l'œuf chez la Grenouille, est bien la condition indispensable de l'existence et du développement de la lignée reproductrice; nul doute que la destruction complète de ce déterminant, quand nous saurons la réaliser, ne fournisse des animaux strictement réduits à leur soma.

PARTHÉNOGENÈSE. — *Activation spontanée de l'œuf du Poisson rouge* (Carassius auratus L.) *au contact de l'eau douce*. Note de MM. **Tchou-Su** et **Chen-Chao-Hsi**, présentée par M. Charles Gravier.

Les recherches expérimentales effectuées depuis 1900 par Loeb, Bataillon et autres ont dissocié le processus fécondateur en trois étapes : activation, régulation et amphimixie. La parthénogenèse expérimentale ne comporte que les deux premières : c'est son analyse, combinée avec celle de l'hybridation qui a fourni tous les résultats essentiels.

L'activation est facile à isoler. Elle a ses critères physiologiques (réaction éliminatrice et relèvement du métabolisme ovulaire) et cytologiques (évolution monostérienne dans l'activation totale, mitoses anastrales dans la sous-activation ou la suractivation). Mais le phénomène initiateur, considéré par Loeb comme une cytolyse superficielle, reste mal défini et a suscité de légitimes controverses. Aussi Bataillon (avec l'un de nous) chercha-t-il à l'isoler dans la fécondation pure. En fait, les vieilles spermies, incapables de pénétration, activent l'œuf de la même espèce (Grenouille rousse), par simple contact; et de telles tentatives mériteraient d'être développées.

Mais on conçoit tout l'intérêt que peut présenter du même point de vue un matériel exceptionnellement sensible, capable d'activation spontanée, au simple contact du milieu où se fait le développement normal.

Notre étude a porté sur le Poisson rouge. C'est une des formes les plus propices aux cultures artificielles. Elevées au laboratoire et abondamment nourries de Daphnies et de Cypris, les femelles peuvent fournir deux ou trois pontes successives au cours du printemps.

La fécondation artificielle réussit très bien pour peu que l'œuf soit à l'optimum de maturité et surtout *qu'il ne soit pas hydraté au préalable*. En effet, le pourcentage d'insémination fléchit très vite à partir de la deuxième minute d'immersion dans l'eau, et jamais on n'obtient le clivage après 6 minutes.

S'agit-il d'une consolidation de la membrane choriale comme Bataillon l'a signalée sur l'œuf hydraté de Batracien ? Il ne semble pas. Car les solutions salines (2 à 7 pour 1000 NaCl), si favorables pour empêcher cette consolidation et prolonger la fécondabilité chez les œufs de Grenouille ou de Rainette (Bataillon et Tchou-Su), n'améliorent en rien les résultats dans le cas de notre poisson.

L'œuf vierge pondu à sec est pourvu d'un ovoplasme complètement opaque et nanti d'un micropyle net, vers lequel convergent des plis superficiels; il n'a pas de membrane visible à la loupe binoculaire. Mais dans l'eau douce apparaissent presque instantanément les mêmes changements que sur l'œuf imprégné : contraction de la masse ovulaire, soulèvement de la membrane, élimination de granules brillants, éclaircissement de l'ovoplasme, et formation d'un blastodisque normal. Ce n'est qu'au stade de division que la différence entre l'œuf fécondé et celui qui ne l'est pas se manifeste sans ambiguïté.

L'œuf vierge activé ne fournit qu'une protubérance, semblable à un globule polaire géant surmontant le disque germinatif, au lieu d'un vrai sillon vertical coupant le blastodisque en deux moitiés symétriques. Le sort d'un tel œuf est fatal. Il se cytolysera en deux ou trois heures (à 20°C.), après des mouvements rythmiques de l'ovoplasme; et ces mouvements ont sans aucun doute le même sens que les lobulations décrites chez les œufs activés de Batraciens ou d'Echinides. En effet, l'étude cytologique des matériaux fixés nous révèle le symptôme classique : la succession rythmique des cycles monastériens.

Notons en passant que les mêmes symptômes ont été observés sur des œufs surmatures, devenus réfractaires à la fécondation, mais susceptibles encore d'activation au contact de l'eau. Nous savions déjà par des travaux antérieurs que l'aptitude à la parthénogenèse peut persister sur des œufs infécondables.

Toutefois la parthénogenèse *effective*, que Trifonowa a obtenue par la chaleur et l'hypotonie chez d'autres Poissons osseux (*Acerina cernua*, *Perca fluviatilis*, *Abramis brama*, *Leuciscus rutilus*), n'a pu être réalisée sur nos œufs ni par l'eau distillée, ni par d'autres agents activants.

Le fait essentiel à retenir de ce bref exposé, c'est l'activation spontanée des œufs vierges de *Carassius auratus* dans l'eau ordinaire. Cette activation se produit d'ailleurs très uniformément avec un rendement de 100 pour 100. Elle se présente du reste avec les symptômes classiques : processus membranogène et mitose monocentrique. C'est la susceptibilité du matériel qui est

en cause : elle varie d'une forme à l'autre, comme on l'a vue varier au cours de la maturation chez un type donné (Bataillon et Tchou-Su). Elle est suffisante ici pour que le simple passage au milieu extérieur isole la même réaction autonome que déclenche ailleurs l'activation expérimentale.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Réduction de l'acide nitreux en hydroxylamine par les végétaux supérieurs. Rôle de l'acide ascorbique.* Note de MM. **Maurice Lemoigne**, **Pierre Monguillon** et **Robert Desveaux**, présentée par M. Gabriel Bertrand.

Le premier stade de la réduction de l'acide nitrique en ammoniaque par les plantes supérieures est l'acide nitreux. Nous avons montré qu'il se forme ensuite de l'hydroxylamine ([1]).

Dans cette Note nous envisagerons le mécanisme de la réduction de l'acide nitreux en hydroxylamine.

On peut suivre la transformation des nitrates dans la pulpe de feuilles fraîches ou même dans le jus de presse de cette pulpe. Avec beaucoup de plantes les nitrites s'accumulent au cours de l'autolyse, alors qu'avec d'autres comme le Lilas (*Syringa* sp.) leur destruction est plus rapide que leur formation. Le jus de telles plantes se prête bien à l'étude de la transformation des nitrites. Si l'on ajoute à du jus de Lilas une solution de nitrite de sodium et si, après défécation, on dose le nitrite restant par la méthode de Griess, on trouve de suite une diminution brusque. Le tableau suivant résume l'allure du phénomène. A 100^{cm^3} de jus de Lilas on ajoute $1^{mg},4$ d'azote nitreux. Le pH est de 4,5 et la température celle du laboratoire.

	N nitreux en mg pour 100^{cm^3} de jus		
Moment de l'analyse.	restant.	disparu.	N nitreux disparu pour 100.
Immédiatement	0,575	0,825	59
Après 30 minutes	0,575	0,825	59
Après 1 heure	0,575	0,825	59
Après 3 heures	0,525	0,875	62,5
Après 20 heures	0,050	1,350	96,4

([1]) M. Lemoigne, P. Monguillon et R. Desveaux, *Bull. Soc. Chim. Biol.*, 18, 1936, p. 868.

Ainsi, dans ce cas, 60 pour 100 de l'azote nitreux disparaissent au moment même du mélange.

Cette disparition immédiate du nitrite conduit à penser à une réaction chimique plutôt qu'à une action diastasique. L'acidité n'est pas en cause, car une solution de nitrite amenée à ce même pH par de l'acide acétique ne présente pas ce phénomène.

D'ailleurs le jus déféqué par le sous-acétate de plomb détruit l'acide nitreux comme le jus naturel; le jus bouilli trois minutes réduit les nitrites comme le jus non bouilli; en présence d'acide sulfanilique, le diazoïque formé avec le nitrite est réduit comme ce dernier.

Tous ces faits indiquent qu'il doit exister dans le jus de Lilas une substance qui réduit l'acide nitreux de suite. Laurent (2) avait déjà constaté un fait analogue avec certains jus de fruits.

Nous avons observé d'autre part qu'au cours de cette réduction il se forme de l'hydroxylamine en quantités extrêmement variables avec les conditions expérimentales, ce produit étant à son tour transformé par les jus végétaux. Il était intéressant de rechercher les substances qui pouvaient provoquer cette réduction. Or, par son abondance et sa fréquence, l'acide ascorbique devait être particulièrement envisagé. Le Lilas, notamment, en contient près de 1^{mg} par gramme de substance fraîche (3).

Karrer et Bendas (4) ont étudié l'action de l'acide ascorbique sur l'acide nitreux à divers pH et à l'ébullition et constaté la production de bioxyde d'azote. C'est là un tout autre processus que celui de la formation de l'hydroxylamine. D. M. Mikhlin a constaté également cette réduction, mais il a observé que le jus de tubercule de pomme de terre la retarde et que les algues, qui ne contiennent pas d'acide ascorbique, réduisent les nitrites (5). Nous avons repris cette question. Si l'on mélange des solutions normales d'acide ascorbique et de nitrite de sodium, il y a une réaction intense, même à froid et production de vapeurs rutilantes. Il s'est donc bien formé du bioxyde d'azote. Cette production est encore sensible avec des solutions N/100. Mais avec des dilutions plus grandes, telles qu'elles existent dans les tissus, le phénomène est tout différent.

---

(2) E. LAURENT, *Ann. Inst. Pasteur*, **4**, 1890, p. 737.

(3) A. GIROUD, A. R. RATSIMAMANGA et C.-P. LEBLOND, *Bull. Soc. Chim. Biol.*, **17**, 1935, p. 239.

(4) P. KARRER et H. BENDAS, *Helv. Chim. Acta*, **17**, 1934, p. 743.

(5) D. M. MIKHLIN, *Biokhimiya*, **1**, 1936, p. 617, cité par *Chem. Abstr.*, **31**, 1937, p. 3100.

L'acide ascorbique réduit à froid les nitrites à des pH identiques à ceux des jus de feuilles, cette réduction est instantanée, s'effectue sur le diazoïque de l'acide sulfanilique comme sur l'acide nitreux lui-même. Il se forme alors non pas du bioxyde d'azote mais de l'hydroxylamine. Voici quelques-uns des résultats obtenus.

Solution d'acide ascorbique.	Solution de NO^2Na.	Pour 100 de N nitreux ajouté. N nitreux restant.	N de l'hydroxylamine.
5^{cm^3} N/160	3^{cm^3} N/40000	0	59
10^{cm^3} N/160	3^{cm^3} N/1000	20	51
5^{cm^3} N/160	3^{cm^3} N/1000	40	51
5^{cm^3} N/160	5^{cm^3} N/1000	74	21

Ces concentrations en acide ascorbique sont de l'ordre de celles qui existent dans les jus végétaux frais, dans lesquels les nitrites sont encore plus dilués.

Conclusion. — Le jus de Lilas réduit de suite les nitrites en hydroxylamine. Dans les mêmes conditions expérimentales l'acide ascorbique agit de même. Cet acide, dont la présence est constante dans les feuilles, a donc un rôle certain dans la réduction de l'acide nitreux en hydroxylamine, stade de la transformation de l'acide nitrique en ammoniaque par les végétaux supérieurs.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Recherches sur la nature chimique de l'haptène fixateur lipoïdique des Bacilles tuberculeux. Étude chimique de la fraction active purifiée.* Note de M. **Michel A. Macheboeuf** et Mmes **Georgette Lévy** et **Marguerite Faure**, présentée par M. Gabriel Bertrand.

Nous avons déjà montré (¹) que l'activité haptène de fixation de l'alexine que présentent les lipides des bacilles tuberculeux n'appartient pas aux phosphoaminolipides, ni aux insaponifiables contenus dans ces lipides, ni non plus à des polyholosides. Nous avons montré que la fraction active était phosphorée, mais non azotée. Depuis lors, Konrad Bloch (²) a vérifié, comme nous, que le soi-disant phosphatide purifié que croyait avoir isolé

(¹) Macheboeuf, Lévy et Faure, *Comptes rendus*, 200, 1935, p. 1547; *Bull. Soc. Chim. Biol.*, 17, 1935, p. 1194 à 1234; *Revue Pathol. comparée*, n° 482, 1936.

(²) K. Bloch, *Ztschr. f. Physiol. Chem.*, 244, 1936, p. 1.

Anderson [3] n'était qu'un mélange dont le phosphore appartenait surtout à des substances non azotées. Bloch, qui n'a sans doute pas lu nos publications, n'a pas étudié l'activité haptène de sa fraction phosphorée qui semble identique à la nôtre. Il croit pouvoir conclure qu'il s'agit d'un acide glycérophosphatidique, produit par l'estérification d'acide glycérophosphorique par des acides gras, mais nous avons déjà montré que la fraction contient parmi ses produits d'hydrolyse de l'inositol que n'a pas recherché Bloch. Il s'agit bien de corps que l'on peut rapprocher des acides phosphatidiques des végétaux [4], mais la fraction donne à l'hydrolyse non seulement de l'acide glycérophosphorique, mais aussi un ester phosphorique d'inositol. La fraction haptène est un mélange de deux types d'acides phosphatidiques : 1° acide glycérophosphatidique et 2° acide inositophosphatidique, et nous ne pouvons pas encore dire lequel des deux est actif comme fixateur d'alexine.

Nous avons encore soumis notre fraction à de nombreuses purifications et, en particulier, après l'avoir dissoute dans de l'eau contenant un peu de chlorure de sodium, nous avons précipité la substance active par addition d'éther et de 30 pour 100 d'acétone. Nous avons aussi précipité la substance active de sa solution aqueuse par addition d'un égal volume d'alcool, puis d'une petite quantité de chlorure de sodium.

L'impureté qu'il est le plus difficile d'enlever est un polyoside non réducteur qui, par hydrolyse, donne des oses.

Bloch a rencontré la même difficulté qu'il semble avoir résolue mieux que nous, car sa fraction ne donne plus à l'hydrolyse que 1 à 2 pour 100 d'oses, tandis que nous en obtenons encore un peu plus. Ce polyoside qui résiste aux purifications ne nous semble pas libre, mais uni à des acides gras.

Dans notre fraction active, les acides phosphatidiques, nous l'avons déjà dit, sont à l'état de sels; le cation dominant est le Mg, mais une analyse spectrographique nous a montré également la présence de Ca et Na (la fraction analysée n'avait pas été traitée par ClNa).

Lorsqu'on cherche à libérer entièrement les acides phosphatidiques des cations en les traitant par un acide minéral dilué, ils sont décomposés; des acides gras sont progressivement mis en liberté, et, parallèlement, l'activité

---

(3) R. J. Anderson, *J. of. Biol. Chem.*, 74, 1927, 537.

(4) Acides phosphatidiques des feuilles de *Chibnall* et *Channon* (*Biochem. Journ.* 21, 1927, 232).

haptène diminue, puis disparaît. L'acide sulfurique normal, par exemple, à la température ordinaire, libère en 4 ou 5 jours tous les acides gras que l'on peut ensuite extraire par l'éther. Au cours de cette hydrolyse, il ne se libère pas d'acide phosphorique libre ; cet acide reste lié aux polyalcools. Les acides gras représentent environ 60 pour 100 de l'ensemble; ils sont saturés, leur poids moléculaire moyen est 335; il y a donc au moins un acide gras, de 22 atomes de C ou davantage. Par hydrolyse barytique ménagée, à 100°, de la fraction haptène, nous avons pu obtenir un mélange de sels de baryum, d'acides inositophosphorique et glycérophosphorique. Ces acides, libérés du baryum, s'hydrolysent ensuite simplement par l'eau à l'autoclave à 134° en 6 heures. Cette hydrolyse libère de l'acide phosphorique que nous avons éliminé à l'état de sel de plomb. Les eaux mères privées de plomb par l'hydrogène sulfuré ont été évaporées à sec et le résidu repris par un mélange d'alcool et d'éther; ce mélange a dissous le glycérol et laissé l'inositol que nous avons pu faire cristalliser aisément et identifier avec certitude. Dans les conditions où nous avons opéré, de l'inositol qui n'aurait pas été à l'état d'acide inositophosphorique n'aurait pas précipité par le plomb et n'aurait pas été retrouvé ici. D'ailleurs, la teneur en phosphore du mélange des acides libérés des sels de plomb correspondait bien à un mélange d'acides glycéro- et inositophosphoriques. Nous avons, d'autre part, pu obtenir cristallisé, à partir des produits d'hydrolyse barytique ménagée de notre fraction haptène, un sel barytique, insoluble dans l'eau, contenant du phosphore et de l'inositol; il s'agissait d'un sel basique contenant 2Ba pour un P.

La fraction haptène est donc bien constituée par un mélange d'acides complexes très voisins que l'on peut appeler des acides phosphatidiques. L'un de ces acides est un produit d'estérification de l'acide glycérophosphorique par des acides gras à poids moléculaires élevés; un autre est un produit d'estérification d'acide inositomonophosphorique par des acides gras. A chaque phosphore correspondent deux fonctions acides libres et les substances sont solubles dans l'eau à l'état de sels de Mg, Ca ou Na. Ces acides phosphatidiques ont des propriétés si semblables que nous n'avons pas encore pu les séparer convenablement. Quoi qu'il en soit, l'activité haptène de l'ensemble est considérable : il suffit de 1/16000e de milligramme pour fixer 2,5 doses minima d'alexine, titrées avec les globules de 25^{mm^3} de sang de mouton, et 5 doses minima de sérum hémolytique.

MÉDECINE EXPÉRIMENTALE. — *Réceptivité de l'homme au virus murin de la choriornéningite lymphocytaire. Reproduction expérimentale de la méningite lymphocytaire bénigne.* Note de MM. **Pierre Lépine**, **Pierre Mollaret** et **Boris Kreis**, présentée par M. Félix Mesnil.

L'isolement en France, à partir de souris spontanément infectées [P. Lépine et V. Sautter ([1])], de virus ayant les caractères des souches analogues précédemment isolées en Amérique et en Angleterre, et l'étude des propriétés générales de ces virus [Lépine, Kreis et Sautter ([2])], posent la question de leur rôle pathogène éventuel pour l'homme dans le cas de certaines manifestations cliniques du type de la méningite lymphocytaire bénigne.

De nombreux essais nous ont montré la constante bénignité de l'infection expérimentale déterminée chez le singe, en particulier chez le chimpanzé, même au cas d'inoculation par voie intracérébrale, ce qui a paru nous autoriser à tenter chez l'homme l'inoculation sous-cutanée, infiniment moins sévère, pour utiliser l'effet pyrétogène et intensément méningotrope de notre virus dans la thérapeutique de certaines affections neurologiques justiciables de la pyrétothérapie et ayant résisté aux traitements précédemment essayés.

Sans faire ici état des résultats thérapeutiques, nous désirons rapporter les faits suivants, qui ont trait à la maladie expérimentale ainsi déterminée chez l'homme.

1. *Réceptivité de l'homme au virus chorioméningitique.* — L'inoculation sous-cutanée d'émulsion virulente de cerveau de souris (2^{cm^3}) entraîne, après une courte incubation (36 heures à 3 jours), une maladie fébrile d'une durée pouvant atteindre dans quelques cas 3 semaines, évoluant habituellement en deux à trois ondes thermiques, dont la première, la plus importante, peut durer 8 jours. Ces poussées fébriles sont séparées par des périodes d'apyrexie plus ou moins complète allant jusqu'à une semaine. La fièvre est pratiquement le seul symptôme. A son maximum, elle s'accompagne d'un léger état grippal et d'un peu d'abattement du malade, qui ne

---

([1]) P. Lépine et V. Sautter, *Comptes rendus*, 202, 1936, p. 1624.

([2]) P. Lépine, B. Kreis et V. Sautter, *C. R. Soc. Biol.*, 124, 1937, p. 420; B. Kreis, *La maladie d'Armstrong* (*chorioméningite lymphocytaire*) (Thèse de Médecine de Paris, 1937).

présente cependant ni céphalée, ni troubles digestifs, ni aucun symptôme d'atteinte viscérale. Dans un seul cas, un de nos malades a présenté secondairement de la toux avec expectoration muco-purulente, et un peu de bronchite diffuse sans opacité radiologique, évoquant l'atteinte pulmonaire observée chez certaines espèces animales (cobayes). Dans la règle cependant, l'examen clinique est négatif : il n'y a ni syndrome urinaire, ni modifications du sérum sanguin; la formule sanguine est caractérisée par une leucopénie notable, avec mononucléose plus ou moins importante, et souvent quelques myélocytes. L'évolution de la maladie s'est montrée toujours bénigne, malgré les tares organiques que présentaient certains de nos malades.

2. *Apparition d'un syndrome méningé lymphocytaire.* — La dernière poussée fébrile de la maladie peut s'accompagner, mais chez certains sujets seulement (dans la moitié au moins des cas chez nos malades), d'une réaction méningée, clinique et cytologique. Le début, quoique tardif (après le 15e jour), en est assez brusque, marqué par de la céphalée, parfois des vomissements, des contractures discrètes avec signe de Kernig. Ces symptômes méningés, qui demeurent bénins, s'atténuent en 2 à 3 jours. La réaction cytologique est importante : elle peut dépasser 800 éléments (lymphocytes avec quelques grandes cellules mononucléées), alors que la ponction lombaire pratiquée avant la poussée méningée avait montré une cytologie normale. Le taux de l'albumine du liquide céphalo-rachidien reste cependant modéré, en contraste avec l'intensité de la réaction cellulaire et la réaction du benjoin colloïcal, qui montre une précipitation étendue vers la gauche. La réaction de Wassermann n'est pas modifiée, quel que soit son état antérieur.

3. *Transmission de l'affection d'homme à homme.* — Nous avons pu reproduire la maladie fébrile par inoculation intramusculaire de sang de malade (25^{cm^3}) prélevé au cours de l'évolution.

4. *Existence du virus dans les humeurs des sujets inoculés.* — Chez tous les sujets inoculés, notre virus a pu être retrouvé à de nombreux prélèvements successifs et vérifié par inoculation à la souris ou au cobaye. Le *sang* se montre en général infectieux dès le début de la fièvre et le demeure au moins jusque vers la fin du deuxième septénaire. Le *liquide céphalo-rachidien* n'est pas virulent au début. Dans les formes s'accompagnant de poussée méningée, il peut le devenir quelques jours avant l'apparition de la réaction cytologique. Il cesse très rapidement de l'être, alors que persiste encore une richesse cellulaire relative (57 éléments). Nous n'avons pu,

à aucune période de la maladie, même tardive, mettre en évidence la présence du virus dans l'*urine*, ce fait contrastant avec des observations inédites pratiquées sur l'animal (singe et cobaye). Chez le seul sujet qui ait présenté une symptomatologie pulmonaire, l'inoculation du filtrat des crachats s'est montrée négative.

Le sérum des sujets guéris présente des propriétés neutralisantes pour le virus de la chorioméningite.

Nos observations démontrent ainsi, pour le virus de la chorioméningite, la réceptivité constante de l'homme, dont, dans certains cas, l'affection fébrile déterminée par ce virus s'accompagne d'une réaction méningée tardive, reproduisant fidèlement le syndrome de la méningite lymphocytaire curable. Ces faits rendent particulièrement vraisemblable l'intervention du virus d'origine murine dans l'étiologie de certains états méningés humains, et rendent compte aussi des difficultés d'isolement du virus dans la maladie spontanée.

A 15ʰ45ᵐ l'Académie se forme en Comité secret.

COMITÉ SECRET.

La Section de Botanique, par l'organe de son Doyen, présente la liste suivante de candidats à la place vacante par le décès de M. *L. Mangin* :

En première ligne	M. **Paul Guérin**.
En seconde ligne	M. **Henri Colin**.
En troisième ligne, ex æquo *par ordre alphabétique*	MM. **Raoul Combes**, **Henri Humbert**, **Joseph Magrou**, **René Souèges**.

Les titres de ces candidats sont discutés.

L'élection aura lieu dans la prochaine séance.

La séance est levée à 16ʰ45ᵐ.

E. P.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 21 JUIN 1937.

PRÉSIDENCE DE M. EMMANUEL LECLAINCHE.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Président** annonce à l'Académie que la prochaine séance publique annuelle aura lieu le lundi 20 décembre.

M. le **Président** souhaite la bienvenue à M. **Ludovic Mrazec**, ancien Président de l'Académie roumaine, Correspondant de l'Académie pour la Section de Minéralogie, qui assiste à la séance.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur les fragilités de revenu des aciers.* Note de MM. **Léon Guillet** et **Marcel Ballay**.

L'étude de la variation de la résilience des aciers, déterminée à la température ambiante, en fonction de la durée et de la température de chauffage au-dessous de Ac_1, conduit à séparer quatre zones correspondant à des phénomènes distincts, Les courbes des résiliences en fonction des températures de revenu après trempe (revenus de courtes durées, 30 minutes à 1 heure) montrent souvent deux minima vers 100° et 350°; des revenus prolongés dans l'intervalle 400-575° donnent lieu au phénomène classique de fragilité de revenu ou maladie de Krupp. Enfin certains aciers subissent un véritable durcissement structural accompagné de baisse de résilience. Les caractères de ces quatre types de fragilité, dont la connaissance présente un grand intérêt pratique, n'ont pas toujours été reconnus et méritent d'être précisés :

1° La diminution de résilience produite par chauffage à 100° des aciers

trempés paraît due à la décomposition d'austénite résiduelle. Dans les aciers de construction mécanique courants, elle est souvent accompagnée d'une faible augmentation de dureté, mais on constate aussi la baisse de résilience sans variation de dureté; en même temps qu'il décompose l'austénite, le revenu peut agir sur la martensite et sur les tensions de trempe, l'essai de choc n'indiquant que la résultante de ces actions.

2° Au delà de 100°, la courbe résilience-température de revenu est croissante. C'est l'effet banal du revenu, mais, pour la plupart des aciers courants, la résilience diminue bientôt pour passer par un minimum vers 350°. Il est à remarquer que, dans les aciers nickel-chrome par exemple, l'addition de molybdène n'atténue pas la profondeur de ce minimum. En pratique, de meilleures combinaisons de résilience et de dureté sont souvent obtenues en faisant revenir l'acier trempé vers 200° plutôt que vers 250°. Un acier contenant

$$C = 0{,}36,\quad Mn = 0{,}45,\quad Si = 0{,}21,\quad S = 0{,}002,\quad P = 0{,}015,$$
$$Ni = 3{,}70,\quad Cr = 0{,}86,\quad Mo = 0{,}23,$$

donne, après trempe à 850° à l'huile et revenu,

	Δ_V	K_m
revenu à 200° 30 minutes	553	5,5
revenu à 400° 30 minutes	455	4,2

Δ_V, dureté Vickers sous 50^{kg} avec pyramide de diamant.
K_m, résilience en kilogrammètres sur éprouvette type Mesnager.

La cause du minimum de résilience obtenu par revenu à 350° après trempe n'est pas connue avec certitude. On l'a rattaché à la précipitation d'un constituant non identifié, mais qui pourrait être le carbone.

3° Au delà de 350°, la courbe résilience-température de revenu est de nouveau croissante jusqu'au voisinage de Ac_1 pour les aciers de construction mécanique courants, du moins si les revenus sont de courte durée et le refroidissement rapide après les revenus à haute température. Si le temps de séjour entre 450° et 575° est prolongé, on constate souvent à nouveau une baisse de résilience. Ce phénomène est connu depuis longtemps pour les aciers au carbone impurs chargés en manganèse, phosphore, etc. et pour certains aciers nickel-chrome. L'addition de petites quantités de molybdène ou de tungstène diminue beaucoup la susceptibilité à la maladie de Krupp, mais il semble bien que tous les aciers sont plus ou moins sensibles à ce phénomène et diffèrent surtout par la vitesse avec laquelle leur rési-

lience s'abaisse en fonction de la durée de revenu. La baisse de résilience, là encore, n'a pas été rattachée jusqu'ici avec certitude à la précipitation d'un composé particulier. Des travaux récents indiquent que la teneur en phosphore serait un facteur important du phénomène : certains aciers nickel-chrome du type demi-dur à basse teneur en phosphore que nous avons étudiés se sont révélés très peu susceptibles. Un acier fabriqué au four électrique et contenant

$$C = 0,30, \quad Cr = 0,70, \quad Ni = 3,15, \quad Mo = 0,04,$$
$$Mn = 0,32, \quad Si = 0,10, \quad P = 0,010, \quad S = 0,005,$$

trempé à l'huile à 850° et revenu à 650°, accuse une baisse de résilience de moins de 10 pour 100 après revenu à 500° pendant 1000 heures, les résiliences K_m passant de 18,6 à 16,9.

4° La diminution de résilience liée à la maladie de Krupp se constate tout aussi bien en partant de l'acier trempé, ou recuit, ou trempé et revenu, mais n'est accompagnée généralement d'aucune augmentation de dureté; du moins les variations de dureté qui ont été signalées quelquefois sont extrêmement faibles. Chauffés dans les mêmes zones de température qui accusent la fragilité de revenu, certains aciers sont sujets à une baisse de résilience; mais en même temps leur dureté, leur charge de rupture à la traction et leur limite élastique augmentent très notablement, ce qui permet de distinguer ce phénomène de la maladie de Krupp; c'est le cas, par exemple, pour les aciers de nitruration au chrome-nickel-aluminium-molybdène étudiés par French. Nous avons trouvé, sur des aciers de ce type contenant

$$C = 0,21, \quad Si = 0,31, \quad Mn = 0,59, \quad Ni = 2,77, \quad Cr = 1,13, \quad Al = 0,95, \quad Mo = 0,44,$$

après trempe à l'huile à 900° et revenu à 660° pendant 1 heure,

$$R = 88,6, \quad E = 74, \quad A\,\% = 19, \quad K_m = 19,3, \quad \Delta = 262.$$

R, charge de rupture à la traction en kg/mm^2.
E', limite apparente d'élasticité en kg/mm^2.
A %, allongement de rupture pour 100 à la traction.
Δ, dureté Brinell, 3000^{kg}, bille de 10^{mm}.

Un chauffage ultérieur à 500° pendant 65 heures amène ces caractéristiques aux valeurs

$$R = 118,6, \quad E = 112, \quad A\,\% = 15, \quad K_m = 5,4, \quad \Delta = 360.$$

Pour un acier de même composition sans aluminium, à teneur en phosphore comprise entre 0,02 et 0,05 pour 100, 0,20 pour 100 de molybdène suffit pour que l'action d'un chauffage de 65 heures à 500° soit à peu près insensible sur la résilience; avec 1 pour 100 d'aluminium, ce même chauffage diminue la résilience, malgré la présence de molybdène, mais augmente la dureté de près de 100 unités Brinell. Ce durcissement structural paraît bien dû à la précipitation d'un composé de nickel et d'aluminium.

M. E. **Fichot** fait hommage à l'Académie, en son nom et en celui de M. P. Gerson, d'un Mémoire intitulé *La Zone géodésique antipode*.

M. L. **Blaringhem** fait hommage à l'Académie, en son nom et en celui de MM. P. Bertrand, P. Guérin et Th. J. Stomps, d'une brochure intitulée *Hérédité, Mutation et Évolution. L'œuvre de* Hugo de Vries.

ÉLECTIONS.

L'Académie procède par la voie du scrutin à l'élection d'un Membre de la Section de Botanique en remplacement de M. *L. Mangin* décédé.

Le nombre de votants étant 56,

M. Henri Colin	obtient..........	29	suffrages
M. Paul Guérin	»	25	»
M. René Magrou	»	2	»

M. **Henri Colin**, ayant réuni la majorité absolue des suffrages, est proclamé élu.

Son élection sera soumise à l'approbation de M. le Président de la République.

CORRESPONDANCE.

M. le **Ministre de la Guerre** invite l'Académie à lui désigner deux de ses Membres qui feront partie du *Conseil de perfectionnement de l'École Polytechnique* pour l'année scolaire 1937-1938.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° Gustav Egloff. *The Reactions of Pure Hydrocarbons.*

2° British Polar Year Expedition. *Fort Rae, N. W. Canada*, 1932-1933. I. *Discussion of Results.* II. *Tables.*

3° Société de Biogéographie. *Contribution à l'étude des réserves naturelles des parcs nationaux* (présenté par M. A. Chevalier).

4° *La fluorescence en biochimie*, par Ch. Dheré (présenté par M. L. Lapicque).

ARITHMÉTIQUE. — *Sur la répartition modulo* 1. Note de M. **Charles Pisot**, présentée par M. Élie Cartan.

Soit $u_n = f_n(\alpha)$ une fonction dépendant d'un paramètre α. H. Weyl (¹) pour $u_n = \alpha f(n)$ et Koksma (²) pour $u_n = f_n(\alpha)$ ont montré que l'ensemble des valeurs de α, pour lesquelles la suite u_n n'est pas équirépartie (mod 1) est de mesure nulle, si les fonctions $f_n(\alpha)$ vérifient certaines conditions de régularité en α et de croissance en n. Cette Note a pour objet l'étude de cet ensemble de valeurs des paramètres dans le cas plus général d'une fonction $u_n = f_n(\alpha_1, \ldots, \alpha_r)$ dépendant de r paramètres, et de donner un procédé de détermination effective des valeurs de $\alpha_1, \ldots, \alpha_r$.

Dans ce qui suit les indices h et k prendront les valeurs $h = 1, \ldots, r$ et $k = 0, 1, \ldots, r-1$. On désignera par Γ une suite $\gamma_1, \gamma_2, \ldots, \gamma_n, \ldots$ de valeurs données d'avance (mod 1) (par exemple on supposera $-1/2 < \gamma_n \leqq 1/2$) et l'on posera $u_n = a_n + \gamma_n + \varepsilon_n$ avec $-1/2 < \varepsilon_n \leqq 1/2$; a_n sera un entier bien déterminé par ces inégalités, et l'on désignera par A la suite $a_1, a_2, \ldots, a_n, \ldots$.

Hypothèses I. — 1° *Lorsque les paramètres α_h sont dans une région* R (*frontière comprise*), *les dérivées partielles $\partial f_n / \partial \alpha_h$ existent et sont continues;*

2° *Quand les paramètres α_h sont dans* R, *les valeurs u_{n+k} sont dans une région* R_n *et il y a correspondance biunivoque entre* R *et* R_n.

Il en résulte que $\Delta_n = D(f_n, \ldots, f_{n+r-1}) / D(\alpha_1, \ldots, \alpha_r)$ est continu et non nul dans R, et qu'on peut écrire

$$\alpha_h = \varphi_{h,n} \quad (u_n, \ldots, u_{n+r-1}).$$

(¹) *Mathematische Annalen*, **77**, 1916, p. 313-352.

(²) *Compositio Mathematica*, **2**, 1935, p. 250-258.

3° *Dans* R_n *on a*

$$\left|\frac{\partial\varphi_{h.n}}{\partial u_{n+k}}\right| \leqq \psi_n \qquad \text{et} \qquad \lim_{n=\infty} \psi_n = 0.$$

On peut éliminer les paramètres α_h entre $u_n, \ldots, u_{n+r}$ et l'on obtient une relation de récurrence

$$u_{n+r} = F_n(u_n, \ldots, u_{n+r-1}) \equiv f_{n+r}(\varphi_{1,n}, \ldots, \varphi_{r,n}).$$

Réciproquement, toute relation de récurrence rentre dans la catégorie des suites étudiées, lorsqu'on prend pour paramètres α_h les valeurs initiales des suites u_n.

Si D est un domaine (frontière exclue) intérieur à R, pour toute suite u_n correspondante, les hypothèses I permettent de démontrer que les nombres $\alpha_{h,n} = \varphi_{h,n}(u_n + \theta_{1,n}; \ldots; u_{n+r-1} + \theta_{r,n})$, où $|\theta_{h,n}| < C$, sont dans D pour $n \geqq n_0$, et que $\lim_{n=\infty} \alpha_{h,n} = \alpha_h$. A deux systèmes α_h et α'_h différents de D correspondent donc deux suites u_n et u'_u pour lesquelles $|u_n - u'_n|$ ne peut être borné.

Considérons alors les fonctions $u_{n+r} = F_n(u_n, \ldots, u_{n+r-1})$.

Hypothèses II. — *Les fonctions* $\partial F_n/\partial u_{n+k}$ *sont assez régulières pour que, si l'on pose*

$$\mu_{k,n} = \frac{\partial}{\partial(u_{n+k} + \theta_{k+1,n})} F_n(u_n + \theta_{1,n}; \ldots; u_{n+r-1} + \theta_{r,n}) : \frac{\partial}{\partial u_{n+k}} F_n(u_n, \ldots, u_{n+r-1}),$$

avec u_{n+k} *dans* R_n, *on ait* $\lim_{n=\infty} \mu_{k,n} = 0$, *quand* $|\theta_{h,n}|$ *et* $|\theta_{h,n}\partial F_n/\partial u_{n+k}|$ *sont bornés quel que soit n.*

Ces hypothèses sont remplies en particulier si les fonctions

$$1 : \frac{\partial F_n}{\partial u_{n+k}} = g_{k,n}(\alpha_1, \ldots, \alpha_r)$$

ont dans R des dérivées partielles par rapport aux paramètres α_h bornées en valeur absolue quel que soit n.

Hypothèses III. — *Posons*

$$F_{l,n}(u_n, \ldots u_{n+r-1}) \equiv f_l(\varphi_{1.n}, \ldots, \varphi_{r.n}) = u_l.$$

Dans R_n

$$\left|\frac{\partial F_{l.n}}{\partial u_{n+r-1}}\right| \leqq \chi_{l,n} \qquad \text{et} \qquad X_l = \frac{1}{2} \sum_{n=l+1}^{\infty} \chi_{l,n}$$

converge quel que soit l.

Il en résulte en particulier que dans R_n

$$\left|\frac{\partial \varphi_{h,n}}{\partial u_{n+r-1}}\right| \leqq \psi_{h,n} \quad \text{et} \quad \Psi_{h,n} = \sum_{m=n+1}^{\infty} \psi_{h,m}$$

est convergent.

On considère les expressions

$$\begin{aligned} \omega_{n+r} &= u_{n+r} - \varepsilon_{n+r} - F_n(u_n - \varepsilon_n, \ldots, u_{n+r-1} - \varepsilon_{n+r-1}) \\ &= a_{n+r} + \gamma_{n+r} - F_n(a_n + \gamma_n, \ldots, a_{n+r-1} + \gamma_{n+r-1}). \end{aligned}$$

Si, à partir d'un certain indice n, $|\omega_{n+r}| < 1/2$, a_{n+r} est l'entier le plus voisin de $-\gamma_{n+r} + F_n(a_n + \gamma_n, \ldots, a_{n+r-1} + \gamma_{n+r-1})$, donc la suite A est déterminée par r valeurs initiales. On peut ainsi démontrer :

Théorème. — 1° *Dans les hypothèses I et II et pour une suite* Γ *donnée, l'ensemble des valeurs* α_h *des paramètres de tout domaine* D *pour lesquels on a à partir d'un certain indice*, $|\varepsilon_n| \leqq c_n$ *est dénombrable lorsque*

$$c_n + \varepsilon \leqq 1 : 2\left[\left|\frac{\partial F_m}{\partial u_m}\right| + \ldots + \left|\frac{\partial F_m}{\partial u_{m+r-1}}\right| + 1\right] \qquad (m = n, n-1, \ldots, n-r)$$

et que ε *est un nombre positif arbitrairement petit, indépendant de* n.

Soient D_l un domaine des paramètres α_h pour lequel les intervalles $(\alpha_h - 1/2\Psi_{h,l};\ \alpha_h + 1/2\Psi_{h,l})$ soient tous intérieurs à R, et $\overline{D}_l$ le domaine des valeurs u_{l+k} correspondantes.

2° *Dans les hypothèses I et III, de toute suite* A *construite par le procédé indiqué à partir de* r *valeurs initiales* a_{l+k} *du domaine* $\overline{D}_l$, *on peut déduire* r *valeurs* $\alpha_1, \ldots, \alpha_r$ *pour lesquelles les quantités* $|\varepsilon_n| = |u_n - a_n - \gamma_n| \leqq X_n$.

Si $\overline{\lim_{n=\infty}} X_n < 1/2$, *il existe dans* D *une infinité dénombrable et partout dense de valeurs des paramètres pour lesquels la suite* u_n *n'est pas équirépartie* (mod 1).

Si $\overline{\lim_{n=\infty}} X_n < 1/4$, *l'ensemble précédent a la puissance du continu.*

Si $\lim_{n=\infty} X_n = 0$, *pour toute suite* Γ *arbitrairement donnée, il existe dans* D *une infinité dénombrable et partout dense de valeurs des paramètres pour lesquels la suite* u_n *a asymptotiquement la répartition* γ_n (mod 1).

CALCUL DES PROBABILITÉS. — *Sur les variables aléatoires arbitrairement liées (Convergence vers la loi de Poisson).* Note [1] de Mme **Hilda Geiringer**, présentée par M. Émile Borel.

Soit M l'ensemble caractéristique d'un collectif, soient E_i ($i=1, 2, \ldots, n$) des ensembles partiels de M, p_i les probabilités correspondantes aux E_i, enfin p_{ij}, p_{ijk}, ... les probabilités des produits E_{ij}, E_{ijk} de E_i et E_j respectivement de E_i, E_j, E_k, etc. Autrement dit p_i est la probabilité pour que *l'événement* E_i se produise, p_{ij} celle de la coïncidence de E_i et E_j, etc. Si E_i et E_j sont *indépendants*, on a $p_{ij}=p_i p_j$; si E_i et E_j *s'excluent*, on a $p_{ij}=0$.

Désignons par $P_n(x)$ la *probabilité pour que x des événements* E_i, ..., E_n *se produisent;* par S_1 la somme des p_i, par S_2 la somme des p_{ij}, etc. ($S_0=1$). On connaît les formules [2]

$$(1)\qquad P_n(x)=\sum_{\nu=x}^{n}(-1)^{\nu+x}\binom{\nu}{x}S_\nu \qquad (x=0, 1, \ldots, n).$$

La solution de (1) par rapport aux S_ν est

$$(2)\qquad S_\nu=\sum_{x=\nu}^{n}\binom{x}{\nu}P_n(x) \qquad (\nu=0, 1, \ldots, n).$$

Ces formules montrent que $S_\nu \nu'$ est le moment factoriel $M_n^{(\nu)}$ de $\nu^{\text{ième}}$ ordre de la distribution $P_n(x)$.

D'autre part on sait qu'on peut déduire, moyennant le théorème des moments, les propriétés asymptotiques d'une suite de fonctions monotones si l'on connaît les valeurs limites des moments (de chaque ordre) de cette suite. En particulier, M. de Misès [3] a montré comment se ramène à ce théorème le cas d'une suite de *distributions arithmétiques* convergeant vers la fonction de Poisson $\psi(a, x)=e^{-a}a^x/x!$. Étant donné que, d'après (2), les moments factoriels sont (sauf le facteur $\nu!$) égaux aux sommes de nos

---

[1] Séance du 7 juin 1937.

[2] Ch. Jordan, *Acta Scient. Hungar.*, Széged, 2, VII, 1934, p. 103; voir aussi E. J. Gumbel, *Comptes rendus*, 202, 1936, p. 1637.

[3] R. de Misès, *Zs. ang. Math. u. Mech.*, 1, 1921, p. 298.

probabilités p_i, p_{ij}, ... et que les moments mêmes se déterminent de façon simple par les moments factoriels, on peut énoncer le théorème :

Si les sommes S_1, S_2, S_3, ... *des probabilités* p_i, p_{ij}, p_{ijk}, ... *tendent pour n infini vers a*, $a^2/2\,!$, $a^3/3\,!$, ..., *où a est une constante finie, la probabilité* $P_n(x)$ *définie ci-dessus converge vers* $\psi(a, x)$.

Moyennant ce théorème des recherches bien différentes [Jeu de rencontre ([4]), Itérations ([2]), Problèmes de partition ([5]), Événements en chaîne ([6])] se rangent à un point de vue commun.

On peut généraliser ce théorème au cas de *plusieurs dimensions*. Envisageons *deux* suites d'événements, E_i et F_i $(i = 1, \ldots, n)$, dont chacun pourra être *lié de façon arbitraire* à tout autre. Appelons p_l et q_l resp. les probabilités pour que E_i ou F_i resp. se produisent et soit par exemple $p_{ijk;lm}$ la probabilité du produit $E_{ijk}F_{lm} = E_iE_jE_kF_lF_m$.

Posons

$$(3)\quad \begin{cases} S_{00}=1, \quad S_{10}=\sum_{i}^{1,\ldots,n} p_i, \quad S_{01}=\sum_{i}^{1,\ldots,n} q_i, \quad S_{20}=\sum_{i,j}^{1,\ldots,n} p_{ij}, \\ S_{11}=\sum_{i,j}^{1,\ldots,n} p_{i;j}, \quad S_{02}=\sum_{i,j}^{1,\ldots,n} p_{;ij}, \quad \ldots \end{cases}$$

jusqu'à S_{n0}, $S_{n-1,1}$, ..., S_{0n}. D'autre part $P_n(x, y)$ sera la probabilité *pour que* x *événements* E *et* y *événements* F *aient lieu*. On peut établir les formules analogues à (1) et (2) et l'on en tire le résultat que $S_{\mu\nu}\mu!\,\nu!$ est égal au *moment factoriel* $M_n^{(\mu,\nu)}$ de $P_n(x, y)$.

Si l'on rapproche ce fait du théorème des moments ([7]), généralisé au cas de plusieurs variables et adapté au problème de la convergence vers la fonction de Poisson $\psi(a, b; x, y)$, on obtient le résultat suivant :

Si les $S_{\mu\nu}$ *définies par* (3) *tendent vers* $a^\mu b^\nu/\mu!\,\nu!$ $(\mu = 0, 1, 2, \ldots; \nu = 0, 1, 2, \ldots)$, *où a et b sont deux constantes finies, la probabilité* $P_n(x, y)$ *convergera vers la loi de Poisson.*

([4]) H. POINCARÉ, *Calcul des probabilités*, 1912, p. 60.

([5]) R. DE MISÈS, va paraître dans le Volume dédié à M. Romanovsky.

([6]) G. POLYA u. F. EGGENBERGER, *Zs. ang. Math. u. Mech.*, 1, 1921, p. 279.

([7]) Voir par exemple H. CRAMÉR and H. WOLD, *Proceedings London Mathem. Soc.*, 11, 1936, p. 290.

GÉOMÉTRIE PROJECTIVE DIFFÉRENTIELLE. — *Surface de Jonas et surfaces* R. Note de M. **Bertrand Gambier.**

1. Une surface de Jonas est une surface qui, rapportée à ses asymptotiques (u, v), donne pour ses invariants β, γ la relation (V fonction de v, U de u)

$$(1)\qquad 2\frac{\partial\beta}{\partial u}\mathrm{U}+\beta\frac{\partial \mathrm{U}}{\partial u}=2\frac{\partial\gamma}{\partial v}\mathrm{V}+\gamma\frac{d\mathrm{V}}{\partial v}.$$

En posant

$$(1')\qquad du^*=\frac{du}{\sqrt[4]{\mathrm{U}}},\qquad dv^*=\frac{dv}{\sqrt[4]{\mathrm{V}}},$$

la relation (1) prend la forme classique $\beta^*_{u^*}=\gamma^*_{v^*}$ et l'équation $du^{*2}-dv^{*2}=0$ définit un réseau, dit de Jonas, à invariants, tangentiels ou ponctuels, égaux. Or, jusqu'ici les divers géomètres, préoccupés surtout de n'employer que les formes réduites, ne semblent pas avoir remarqué que l'équation $du^2:dv^2=\sqrt{\mathrm{U}:\mathrm{V}}$, équivalente à $du^{*2}-dv^{*2}=0$, définit, suivant la détermination du radical $\sqrt{\mathrm{U}:\mathrm{V}}$, non pas *un* réseau de Jonas unique, mais en réalité l'un ou l'autre de *deux* réseaux de Jonas; *ces deux réseaux se divisent harmoniquement*, de sorte qu'en les réunissant aux asymptotiques, on obtient trois systèmes de courbes dont *deux au plus peuvent être réels*. Dans une thèse soutenue récemment à Moscou, M. Norden, avait, lui aussi, obtenu par l'analyse tensorielle ce résultat : tout réseau de Jonas tracé sur une surface de Jonas entraîne l'existence d'un autre réseau de Jonas; je ne puis fournir aucune indication bibliographique sur le travail de M. Norden.

2. Une surface R est une surface qui, rapportée à ses asymptotiques (u, v) donne, pour ses invariants β, γ, la relation analogue à (1)

$$(2)\qquad 2\frac{\partial\gamma}{\partial u}\mathrm{U}+\gamma\frac{d\mathrm{U}}{du}=2\frac{\partial\beta}{\partial v}\mathrm{V}+\beta\frac{d\mathrm{V}}{dv}.$$

En posant

$$(2')\qquad du^*=\sqrt{\mathrm{U}}\,du,\qquad dv^*=\sqrt{\mathrm{V}}\,dv,$$

la relation (2) prend la forme classique $\gamma^*_{u^*}=\beta^*_{v^*}$ et l'équation $du^{*2}-dv^{*2}=0$ (ou $\mathrm{U}\,du^2-\mathrm{V}\,dv^2=0$) définit un réseau R.

3. Le rapprochement des deux paragraphes précédents montre l'analogie qui existe entre la recherche des réseaux de Jonas ou des réseaux R que

possède éventuellement une surface donnée. En particulier, soit une surface isotherme-asymptotique : le quotient $\beta:\gamma$ est égal à $\overline{U}:\overline{V}$, où $\overline{U}$ dépend de u seul, $\overline{V}$ de v seul; on peut, par un changement de paramètres asymptotiques, supposer plus simplement $\beta=\gamma$ *et alors les deux équations* (1), (2) *coïncident* (bien que les réseaux J ou R éventuels aient des équations différentes).

4. Soit une surface donnée : trouver les réseaux éventuels J ou R revient à chercher un couple (U, V) satisfaisant à (1) ou (2). Désignons par $E=0$ celle de ces deux équations que l'on étudie; l'équation $E_u=0$ fournit la dérivée seconde U'' exprimée linéairement en U, U', V, V'; de même $E_v=0$ fournit V''; l'équation $E_{uv}=0$ fournit donc, par élimination de U'', V'' une nouvelle équation linéaire en U, U', V, V', soit E_1; en continuant de même on obtient E_2, E_3, etc., et l'on continue ainsi tant que l'équation obtenue en dernier lieu n'est pas conséquence des précédentes (étudiée comme équation linéaire en U, U', V, V').

Si donc on n'obtient qu'une équation, à savoir $E=0$, on a ∞^3 couples (U, V), mais simplement ∞^2 réseaux de l'espèce cherchée, car la multiplication par une même constante de U et V ne change pas le réseau trouvé : or, qu'il s'agisse de (1) ou (2), *on trouve exactement les mêmes conditions pour ce cas,* car l'une des équations de condition est $\beta:\gamma=\overline{U}:\overline{V}$ (remarque du n° 3) : or, on a su résoudre complètement ce cas.

Si l'on a deux équations $E=0$, $E_1=0$, on a ∞^1 réseaux de l'espèce cherchée (J ou R); si l'on a trois équations $E=0$, $E_1=0$, $E_2=0$ on a un seul réseau. Enfin, si l'on a quatre équations distinctes $E=0$, $E_1=0$, $E_2=0$, $E_3=0$, on n'a aucun réseau de l'espèce cherchée.

GÉOMÉTRIE PROJECTIVE DIFFÉRENTIELLE. — *Sur les couples de congruences rectilignes stratifiables.* Note de M. **Serge Bachvaloff.**

1. Soient L_1, L_2 deux congruences rectilignes stratifiables et L_3 la congruence des perpendiculaires communes l_3 aux rayons homologues l_1, l_2 de L_1 et L_2; appelons N_1, N_2 les points où l_3 rencontre l_1 ou l_2. Nous nous proposons d'étudier le cas où L_3 est une congruence pseudosphérique telle que les foyers de chaque rayon l_3 soient symétriques par rapport au milieu du segment N_1N_2. Rappelons que, pour une congruence pseudosphérique L_3, la distance des foyers de chaque rayon est une constante $2b$,

et que l'angle V des normales aux surfaces focales aux foyers de ce rayon est aussi une constante.

2. Cela posé, on démontre aisément que toute congruence pseudosphérique L_3 fournit deux séries de solutions de notre problème et nous obtenons les résultats géométriques très simples qui suivent :

1° La distance N_1N_2 reste, pour tous les rayons l_3, constante; soit $2a$ cette valeur constante;

2° Désignons par $\vec{t}_1$, $\vec{t}_2$ les vecteurs unitaires des normales des surfaces focales de L_3, et par $\vec{J}_1$, $\vec{J}_2$ les vecteurs unitaires des rayons l_1, l_2. On a

$$\vec{J}_1 = \frac{\vec{t}_1 + \lambda \vec{t}_2}{\sqrt{1 + 2\lambda \cos V + \lambda^2}}, \qquad \vec{J}_2 = \frac{\lambda \vec{t}_1 + \vec{t}_2}{\sqrt{1 + 2\lambda \cos V + \lambda^2}},$$

où λ est une constante égale à une racine de l'équation

$$(1) \qquad \frac{1 - \lambda^2}{1 + 2\lambda \cos V + \lambda^2} = \frac{a}{b}.$$

3. On voit donc que, L_3 donnée (et par suite b, V connus), on peut choisir *arbitrairement* la constante a, et que chaque valeur de a donne deux solutions de notre problème, puisque λ est déterminé par une équation du second degré. Appelons l'_1, l'_2 les rayons correspondants à la racine λ', et l''_1, l''_2 les rayons correspondants à l'autre racine λ'' : les rayons l'_2 et l''_1 sont rectangulaires; il en est de même du couple (l''_2, l'_1).

Les points N_1, N_2 sont toujours compris entre les points limites de L_3; mais si N_1, N_2 coïncident avec ces points limites, les rayons l'_1 et l''_1 coïncident et de même l'_2 et l''_2.

La formule (1) peut recevoir l'interprétation suivante :

$$\sin\varphi : \sin V = a : b,$$

où φ est l'angle des rayons (l_1, l_2).

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur l'équivalence de deux classes de fonctions de MM. Paley et Wiener.* Note ([1]) de M. **Szolem Mandelbrojt**, présentée par M. Paul Montel.

On désignera par $C^*_{\{m_n\}}$ la classe des fonctions f jouissant des propriétés suivantes :

([1]) Séance du 14 juin 1937.

1° $f(x)$ existe et est indéfiniment dérivable pour $-\infty < x < \infty$;

2° il existe une constante $k = k(f)$ tellè qu'on ait, pour tout entier positif n,

$$\int_{-\infty}^{\infty} |f^{(n)}(x)|^2 \, dx < k^{2n} m_n^2.$$

De telles classes ont été introduites par MM. Paley et Wiener ([2]); elles servent aux auteurs pour la démonstration du théorème connu de MM. Denjoy-Carleman. On connaît, d'autre part, le problème de Carleman:

I. Indiquer par une relation liant les deux suites $\{m_n\}$ et $\{m'_n\}$, une condition nécessaire et suffisante pour que les deux classes $C_{\{m_n\}}$ et $C_{\{m'_n\}}$ soient identiques [rappelons que $f \subset C_{\{m_n\}}$, dans l'intervalle $[a, b]$, s'il existe un $k = k(f)$ tel que, pour $n \geq 1$, on ait $|f^{(n)}(x)| < k^n m_n$, $[a \leq x \leq b]$], c'est-à-dire pour que, de $f \subset C_{\{m_n\}}$, résulte $f \subset C_{\{m'_n\}}$, et réciproquement.

II. Indiquer une condition nécessaire et suffisante portant sur $\{m_n\}$ pour que toute fonction de $C_{\{m_n\}}$ soit analytique [dans $[a, b]$].

Dans un livre récent ([3]) nous avons pu donner une réponse complète à II, et une réponse à I, lorsqu'on se borne aux fonctions périodiques. Nous avons dû employer, notamment pour II, des moyens techniques difficiles, mais étroitement liés au sujet. Déjà, lorsqu'on se borne aux fonctions périodiques (comme nous l'avons fait pour I), les méthodes de démonstration se simplifient.

Or il est intéressant de remarquer que le problème I, posé pour les classes $C^*_{\{m_n\}}$, se résout, du moins lorsqu'on restreint, assez légèrement, la croissance, mais non la régularité, de la suite $\{m'_n\}$, par des moyens simples, et ceci même lorsqu'on ne fait aucune hypothèse supplémentaire sur la nature des fonctions f. Ceci tient aux faits suivants :

1° Les inégalités $\int_{-\infty}^{\infty} |f^{(n)}(x)|^2 \, dx < \infty$ permettent d'introduire les transformations de Fourier, ce qui assimile les fonctions f aux sommes de Fourier.

2° Comme l'indique le lemme I, on peut assimiler ces fonctions à celles qui s'annulent avec leurs dérivées aux extrémités de l'intervalle d'existence, considération qui, lorsqu'elle se présente pour une fonction de $C_{\{m_n\}}$, facilite beaucoup les recherches.

([2]) *Fourier Transformations in the complex Domain* (*Colloquium Publications of the American Math. Society*, 19, 1934, p. 16).

([3]) *Séries de Fourier et classes quasi analytiques de fonctions*, Coll. Borel, 1935, p. 91-100.

Le problème que nous posons est donc le suivant :

Indiquer une condition nécessaire et suffisante, donnée par une relation entre les deux suites $\{m_n\}$ *et* $\{m'_n\}$, *pour que les deux classes* $C^*_{\{m_n\}}$ *et* $C^*_{\{m'_n\}}$ *soient identiques.*

Il suffit évidemment d'indiquer une telle condition pour que, de $f \subset C^*_{\{m'_n\}}$, résulte $f \subset C^*_{\{m_n\}}$.

Posons

$$T_m(r) = \overline{\text{borne}}_{n \geq 0} \frac{|r|^n}{m_n} \quad (|r| > 0), \qquad T_{m'}(r) = \overline{\text{borne}}_{n \geq 0} \frac{|r|^n}{m'_n} \quad (|r| > 0).$$

Nous démontrons alors le théorème suivant :

THÉORÈME I. — *Si* $\underline{\lim}_{r=\infty} \log T_{m'}(r)/(\log r)^2 > 0$, *la condition nécessaire et suffisante pour que, de* $f \subset C^*_{\{m'_n\}}$, *résulte* $f \subset C^*_{\{m_n\}}$, *est qu'il existe une constante* $\alpha > 0$ *telle que*

$$T_{m'}(r) > T_m(\alpha r) \qquad (r > r_0).$$

La dernière condition est équivalente à la suivante :

$$\sqrt[n]{\overline{m'_n}} = O\left(\sqrt[n]{\overline{m_n}}\right),$$

où les suites $\{\log \overline{m_n}\}$ et $\{\log \overline{m'_n}\}$ sont respectivement les minorantes de Wiman des suites $\{\log m_n\}$, $\{\log m'_n\}$.

La démonstration du théorème énoncé s'appuie essentiellement sur le théorème suivant qui peut être utile dans plusieurs autres considérations concernant les classes $C^*_{\{m_n\}}$.

THÉORÈME II. — *En désignant par* $g(u)$ *la transformée de Fourier de* $f(x)$, *les deux conditions suivantes :*

1° $$f(x) \subset C^*_{\{m_n\}};$$

2° *Il existe une constante* $\alpha > 0$ *telle que*

$$\int_{-\infty}^{\infty} |g(u) T_m(\alpha u)|^2 < \infty$$

sont équivalentes (¹).

(¹) Lorsque $\underline{\lim} \sqrt[n]{m_n} < \infty$, il existe une constante B, telle que pour $|u| > B$, $T(u) = \infty$, mais on voit alors facilement que, pour $|u| > B/\alpha$, on a $g(u) = 0$, et l'on conviendra de poser, pour $|u| > B/\alpha$, $g(u) T(\alpha u) = 0$.

Quelques détails de démonstration ont été mis au point au cours d'une conversation avec M. Pólya.

La démonstration de ce théorème est, à son tour, basée sur le lemme suivant :

LEMME I. — *S'il existe deux constantes positives p et q telles que* $p(q-1)=qm$, *où m est un entier non négatif, et telles que*

$$\int_0^\infty |\varphi(x)|^p dx < \infty, \qquad \int_0^\infty |\varphi'(x)|^q dx < \infty,$$

et si $\varphi'(x)$ *est continue pour* $0 \leq x < +\infty$, *on a* $\lim\limits_{x=\infty} \varphi(x) = 0$.

Nous n'employons d'ailleurs ce lemme que lorsque $p=q=2$; $(m=1)$.

Enfin, pour passer du théorème II au théorème I, on fera état du lemme suivant :

LEMME II. — *Si* $\varliminf\limits_{r=\infty} \frac{\log T_m(r)}{(\log r)^2} > 0$, *la fonction* $f(x) = \int_{-\infty}^{\infty} \frac{e^{iux}}{T(u)} du$ *appartient à* $C^*_{\{m_n\}}$.

MÉCANIQUE ANALYTIQUE. — *Perturbation d'un problème de valeurs propres par déformation de la frontière.* Note de M. **Léon Brillouin**.

1. La mécanique ondulatoire pose le problème de la recherche des fonctions propres Ψ_K et des valeurs propres E_K d'un opérateur hamiltonien H hermitique. La frontière est en général à l'infini et l'on y demande l'annulation des Ψ_K. On a développé minutieusement dans ce cas l'étude d'une perturbation [1], consistant en une petite modification de l'hamiltonien

$$(1) \qquad H\Psi - E\Psi = 0, \qquad H = H_0 + \lambda H_1,$$

H_0, opérateur initial; λH_1, perturbation; λ paramètre très petit. Les conditions de frontière restent inchangées.

La théorie des métaux (Wigner et Seitz) pose maintenant des problèmes fort différents : la perturbation consiste en une modification de la frontière et des conditions limites, tandis que l'opérateur H_0 reste inchangé. De tels problèmes se rencontraient déjà en mécanique classique des systèmes vibrants; je veux montrer comment on peut les ramener au schéma (1) bien connu.

(1) L. Brillouin, *Notions de mécanique ondulatoire* (*Actualités scientifiques*, n° 39, Paris, 1932, p. 14); L. de Broglie, *Théorie de la quantification*, Paris, 1932, p. 78; E. Schrödinger, *Mémoires sur la mécanique ondulatoire*, Paris, 1933, p. 100.

2. Supposons résolu le problème des fonctions et valeurs propres pour une certaine frontière initiale

$$(2) \qquad H_0\psi - E_0\psi = 0 \qquad \text{frontière initiale} \qquad f_1(xyz) = C.$$

La condition à la frontière peut être l'annulation de ψ ou de $\partial\psi/\partial n$, ou toute autre analogue. Nous voulons maintenant traiter le même problème pour une frontière voisine

$$(3) \qquad H_0\Psi - E\Psi = 0 \qquad \text{frontière nouvelle} \qquad f_1(xyz) + \lambda F(xyz) = C,$$

λ étant un paramètre très petit. Des variables xyz, nous passons à des coordonnées curvilignes f_1, f_2, f_3; la famille des surfaces f_1 contient la frontière initiale, et $f_2 f_3$ sont des coordonnées curvilignes sur les surfaces f_1. Formons une fonction Φ en appliquant à Ψ un opérateur exponentiel

$$(4) \qquad \begin{cases} \Phi(f_1, f_2, f_3) = e^{-\lambda F \frac{\partial}{\partial f_1}}\Psi = \Psi - \lambda F \dfrac{\partial}{\partial f_1}\Psi + \ldots = \Psi(f_1 - \lambda F, f_2, f_3), \\ \Psi(f_1, f_2, f_3) = e^{+\lambda F \frac{\partial}{\partial f_1}}\Phi(f_1, f_2, f_3). \end{cases}$$

Puisque Ψ satisfait aux conditions imposées, sur la nouvelle frontière (3), il est certain que Φ remplit ces mêmes conditions sur l'ancienne frontière (2). Reste trouver à quelle équation obéissent les Φ; portons (4) dans (2) et nous trouvons

$$(5) \qquad H_0 e^{\lambda F \frac{\partial}{\partial f_1}}\Phi - E e^{\lambda F \frac{\partial}{\partial f_1}}\Phi = 0,$$

ce qui donne

$$(6) \qquad \begin{cases} H\Phi - E\Phi = 0, \qquad H = e^{-\lambda F \frac{\partial}{\partial f_1}} H_0 e^{\lambda F \frac{\partial}{\partial f_1}} = H_0 + \lambda H_1, \\ \lambda H_1 = e^{-\lambda F \frac{\partial}{\partial f_1}} H_0 e^{\lambda F \frac{\partial}{\partial f_1}} - H_0. \end{cases}$$

Nous sommes ramenés à un problème de frontière fixe, avec un opérateur perturbateur λH_1; toute la théorie de Schrödinger s'applique immédiatement, y compris l'importante distinction entre problèmes dégénérés ou non. La forme des équations ci-dessus est classique : l'opération S étant appliquée à Ψ, l'hamiltonien devient SH_0S^{-1}.

3. Développons (6) et formons la première approximation

$$(7) \qquad \lambda H_1 = \left(1 - \lambda F \frac{\partial}{\partial f_1}\right) H_0 \left(1 + \lambda F \frac{\partial}{\partial f_1}\right) - H_0 \approx \lambda \left[H_0 F \frac{\partial}{\partial f_1} - F \frac{\partial}{\partial f_1} H_0\right],$$

Tout le problème sera régi par la matrice représentant λH_1 dans le

système des fonctions propres ψ_k du problème initial

$$(8)\qquad (i|\lambda H_1|k)=\int_{f_1}\psi_i^*(\lambda H_1)\psi_k\,d\tau \approx \lambda\int_{f_1}\psi_i^*\left[H_0\left(F\frac{\partial\psi_k}{\partial f_1}\right)-E_{0k}F\frac{\partial\psi_k}{\partial f_1}\right]d\tau,$$

ψ_i^*, imaginaire conjuguée de ψ_i. L'opérateur H_0 est ici appliqué à la fonction $F\cdot\frac{\partial\Psi_k}{\partial t}$.

En particulier, si nous partons d'une valeur propre E_{0k} non dégénérée dans le problème initial, nous trouverons dans le problème perturbé la valeur

$$(9)\qquad E_k=E_{0k}+(k|\lambda H_1|k).$$

Si le problème est dégénéré, on devra lever tout d'abord la dégénérescence, comme l'a montré Schrödinger. Le détail de traitement suivra comme dans les Ouvrages cités.

ÉLECTRICITÉ. — *Sur une nouvelle espèce de polarisation permanente des diélectriques.* Note de M. **Georges Nadjakoff**, présentée par M. Paul Langevin.

En 1925, U. Eguchi annonce [1] que dans certaines conditions, on pouvait obtenir des diélectriques polarisés de manière permanente ou des électrets. Dans ce but il laisse un mélange fondu de certains diélectriques (résines et cires) se solidifier en restant soumis à l'action d'un champ électrique. Les diélectriques ainsi polarisés gardent longtemps leur polarisation, alors que d'après les recherches effectuées par J. Curie et d'autres auteurs, on sait que dans le cas d'un diélectrique polarisé à une température donnée et dépolarisé à la même température, le courant de dépolarisation commence immédiatement et tend rapidement vers zéro.

Parmi les nombreuses expériences faites sur les électrets, seules les recherches récentes [2] jettent une lumière plus vive sur la nature du phénomène; nous sommes simplement en présence d'un maintien de l'état polarisé. C'est de ce point de vue que découle immédiatement l'explication

(1) *Philos. Mag.*, 49, 1925, p. 178.

(2) P. A. Thiessen, A. Winkel et K. Herrmann, *Physik. Zeitschrift*, 37, 1936, p. 511; H. Frei et G. Groetzinger, *Physik, Zeitschrift*, 37, 1936, p. 720.

des propriétés pyroélectriques et piézoélectriques des électrets, observées par certains auteurs ([3]).

D'autre part, mes recherches sur la photoconductibilité du soufre ([4]) démontrent que la photopolarisation suit la même loi que la polarisation ordinaire, seule la constante devant le facteur exponentiel devenant plus grande.

Mes recherches actuelles sur la polarisation et la dépolarisation sous l'action de la lumière avec le même diélectrique, le soufre, démontrent que l'état photopolarisé du diélectrique se conserve complètement et pour longtemps si, un moment avant la suppression de la tension appliquée, on laisse le diélectrique dans l'obscurité. La photodépolarisation commence immédiatement après qu'on a éclairé de nouveau le diélectrique. Jusqu'alors l'état polarisé se conserve complètement quoique le diélectrique soit resté longtemps entre deux électrodes en court-circuit. De cette manière nous avons un nouveau genre de polarisation permanente de certains diélectriques que nous appellerons *photopolarisation permanente*, contrairement au cas observé par Eguchi, et que nous appellerons *thermopolarisation permanente*. On peut introduire respectivement les notions de *photoélectrets* et de *thermoélectrets*.

Une méthode très sensible d'appréciation du degré de l'état de polarisation permanente consiste dans l'observation de la courbe du courant de dépolarisation en fonction du temps; l'aire comprise entre l'axe du temps et la courbe du courant nous donne la quantité d'électricité dépolarisée. Cette méthode permet de montrer que l'état photopolarisé se maintient complètement tant que le diélectrique reste dans l'obscurité.

Les expériences ont été faites avec l'électromètre de Debierne, qui permet la mesure du courant par l'intermédiaire de la différence de potentiel entre les armatures de la photocellule fermée sur une résistance à gaz ionisé. La lame du diélectrique d'une épaisseur de 17^{mm} et d'une surface active de 10^{cm^2} est en soufre pur et obtenue par solidification entre deux lames de verre. La lame de soufre est munie d'une électrode transparente d'eau et d'une autre électrode métallique selon la méthode de Röntgen ([5]). Sous une tension de 80 volts et un éclairage de 6000 lux au moyen d'une lampe électrique ordinaire de 200 watts, on obtient dans nos conditions d'expérience un courant initial de photopolarisation et dépolarisation de 200 à 250 divisions de l'échelle. Dans les mêmes conditions, à l'obscurité, les courants de polarisation et de dépolarisation sont négligeables.

([3]) E. P. Adams, *Journ. Frankl. Inst.*, 204, 1927, p. 469; A. Meissner, *Zeitschrift f. technische Physik*, 9, 1927, p. 430.

([4]) G. Nadjakoff, *Annuaire de l'Université de Sofia*, II, 1, 23, 1927, p. 49.

([5]) W. C. Röntgen, *Annalen der Physik*, 64, 1921, p. 1.

DIFFRACTION MOLÉCULAIRE. — *Relation entre les fréquences Raman et les distances interatomiques.* Note de MM. **Pierre Donzelot** et **Jean Barriol**, présentée par M. Robert Lespieau.

Les expériences faites par l'un des auteurs ont montré qu'il existait (pour des liaisons simples ou multiples mettant en jeu les mêmes atomes), entre les fréquences Raman et les distances interatomiques mesurées par d'autres procédés physiques, une dépendance qui se traduisait par une courbe continue. Mais la relation prend une forme particulièrement simple si l'on fait intervenir, non les fréquences expérimentales, mais des fréquences que nous appellerons fréquences réduites et que nous calculerons de la manière suivante : soit par exemple la fréquence n de la liaison C—C; elle a été déduite du spectre de l'éthane. Or il résulte de nombreuses mesures faites par nous que le groupement CH^3 vibre d'un seul bloc, la force qui le fait vibrer étant due uniquement à la liaison C — C. Il devient indiqué de calculer la fréquence n' que l'on obtiendrait si la même force était appliquée uniquement à deux atomes de carbone. Le passage de n à n' se fait aisément, et l'on obtient $n' = 1{,}090$. La fréquence de la double liaison de l'éthylène doit également être réduite par le même procédé, ainsi que celle relative à la triple liaison de l'acétylène. Si l'on porte sur un graphique, en abscisses les distances interatomiques données par les mesures de diffraction de rayons X ou d'électrons, en ordonnées les fréquences réduites, on constate que les trois points se placent exactement sur une droite. Dans le cas du benzène, la fréquence 994 correspondant à la vibration la plus symétrique de la chaîne carbonée (la pulsation) ne semble pas au premier examen trouver sa place sur une telle droite. Mais il faut ici tenir compte de la structure particulière de cette vibration; en faisant l'hypothèse d'une symétrie senaire, le calcul conduit pour la fréquence réduite à $n' = 1{,}463$; l'abscisse du point correspondant donne comme distance de deux atomes de carbone 1,42 Å, ce qui est conforme au nombre donné par les mesures directes.

Le même calcul peut être poursuivi dans le cas du cyclohexane; si l'on admet que la fréquence intense 800 correspond à l'oscillation la plus symétrique, on obtient comme fréquence réduite $n' = 1.225$. A cette valeur de n' correspond, d'après la droite, une distance interatomique de 1,50 Å alors que l'expérience directe conduit à 1,51 Å $\pm$ 0,03. Par ailleurs le spectre Raman du diphényle présente une raie intense à 1.281, absente

dans l'infrarouge, et qui, si on l'attribue à la vibration de la liaison C—C entre les deux noyaux, lui ferait correspondre une distance interatomique très voisine de 1,48 Å, valeur trouvée par la diffraction des rayons X sur les cristaux du diphényle.

Des résultats analogues ont encore été trouvés dans les cas étudiés par nous de liaisons C—N et C—O.

La dépendance linéaire entre la fréquence Raman, n, et la distance interatomique peut se mettre sous la forme $n = b(r_0 - r)$, b et r_0 étant des constantes. En prenant les valeurs de r trouvées dans la littérature, on calcule $b = 3375.10^8$ et $r_0 = 1,86.10^{-8}$, r étant exprimé en centimètres et n en centimètres^{-1}. Il nous est possible de remonter de la valeur de n à celle du coefficient f de proportionnalité des forces aux déformations au moyen de la formule classique $f = m/2.n^2.0,0586$, où m désigne la masse de l'atome envisagé, ici, celle du carbone. On a $f = 6.0,0586.b^2(r_0 - r)^2$. Il ne serait peut-être pas légitime, sans préciser des hypothèses supplémentaires, de remonter de l'expression de f à la force F s'exerçant entre les deux noyaux par une simple intégration. Quelles que soient ces hypothèses (la plus naturelle consistant à admettre une loi de force en $1/r^n$), il semble que la distance interatomique constitue une caractéristique essentielle d'une molécule, autour de laquelle on peut grouper non seulement les propriétés au point de vue de l'effet Raman, mais encore de nombreuses caractéristiques physiques.

PHOTOGRAPHIE. — *Remarques sur les propriétés des plaques photographiques traitées par des solutions aqueuses ou alcooliques de salicylate de sodium.* Note de M. **Lévi Herman** et Mlle **Fanny Bernstein**, présentée par M. Charles Fabry.

Une propriété nouvelle des plaques traitées par les solutions de salicylate de sodium a été signalée récemment par Tien Kiu (1). Un tel traitement augmenterait à la fois le contraste et la sensibilité, dans la région 5600-2500 Å., aussi bien pour les plaques ordinaires que pour les plaques orthochromatiques. Afin de rechercher la cause des faits observés, nous avons repris, dans des conditions variées, l'étude de l'action du salicylate de

(1) *Comptes rendus*, 203, 1936, p. 1144.

sodium, en nous efforçant d'éliminer en premier lieu l'influence possible des impuretés.

Le sel utilisé, présentant de sérieuses garanties de pureté (produit normalisé *Prolabo*), était dissous dans l'eau bidistillée ou dans l'alcool à 95°. La concentration des solutions aqueuses ou alcooliques, dans lesquelles les plaques étaient plongées pendant 2 minutes, variait de 5/1000e à 1/10e en poids. Dans le cas des solutions aqueuses, les plaques étaient, après immersion, séchées à l'air libre ou dans une boite chauffée et aérée modérément. Les solutions aqueuses donnent des résultats beaucoup moins réguliers que les solutions alcooliques; elles peuvent même produire, pour les fortes concentrations, une certaine altération de l'émulsion. Les plaques examinées (Lumière *Opta*, Guilleminot *Superfulgur* et Crumière *Superaviachrome*) étaient coupées en deux; à part la propriété à vérifier, les deux moitiés A et B subissaient exactement le même traitement, y compris le développement et le fixage.

Les comparaisons suivantes ont été effectuées sur les deux moitiés A et B d'une même plaque :

1° après impression de A et B, la moitié A est seule traitée par une solution aqueuse ou alcoolique de salicylate de sodium;

2° avant impression de A et B, la moitié A est seule traitée comme précédemment;

3° la moitié A est traitée avant la pose et la moitié B après la pose;

4° après impression de A et B, la moitié A est traitée par la solution, tandis que B est simplement immergée dans l'eau distillée ou dans l'alcool à 95°;

5° les mêmes opérations ont lieu avant impression;

6° les deux moitiés A et B sont traitées tout d'abord par la même solution et, après impression, A est lavée à l'eau courante pendant quelques minutes avant d'être développée en même temps que B.

Ces divers essais conduisent aux conclusions suivantes :

1° l'action du sel sur le développement est très faible et ne permet pas d'expliquer les différences de sensibilité signalées;

2° les mesures de noircissement effectuées sur les clichés, dans la région des densités inférieures à 2, montrent que l'immersion des plaques dans les solutions de salicylate de sodium produit une diminution très nette de la sensibilité. Cette diminution est d'autant moins accusée que la concentration est plus faible. Elle affecte tout le domaine spectral compris entre 6000 et 2500 Å. Il semble qu'elle puisse être attribuée principalement, soit à la diffusion de la lumière incidente par les cristaux de salicylate de

sodium (longueurs d'onde supérieures à celles de la bande de fluorescence), soit au fait que le rayonnement de fluorescence est également réparti dans toutes les directions (longueurs d'onde inférieures à celles de la bande fluorescence). Dans les deux cas, on observe d'ailleurs une légère altération de la mise au point des raies spectrales. De plus, dans le spectre visible et dans la région ultraviolette voisine de la bande de fluorescence, la comparaison quantitative des résultats obtenus avec les plaques traitées et non traitées fournit bien des rapports d'éclairements effectifs voisins de 1/2 et, par conséquent, en bon accord avec l'interprétation précédente.

MAGNÉTOOPTIQUE. — *Propriétés magnétooptiques de gaz comprimés : Biréfringence magnétique de l'oxyde azotique. Pouvoir rotatoire magnétique de l'hélium.* Note de MM. **Henri Bizette** et **Belling Tsaï**, présentée par M. Aimé Cotton.

I. Les résultats obtenus pour le pouvoir rotatoire magnétique de NO montrant que ce dernier est d'origine moléculaire il est naturel d'admettre qu'il en est de même de la biréfringence magnétique du même corps. Nous avons montré précédemment [1] que cette biréfringence est sensiblement la même à 20°C. et à — 80°C. Cela tient à ce qu'elle passe par un maximum pour une température intermédiaire. On peut la déduire de la formule suivante :

$$C = \frac{\eta - 1}{10\lambda k^2 T^2}\sqrt{\frac{5r}{6-7r}} \times 4\beta^2\left[\frac{2e^{-x}}{1+e^{-x}} - \frac{1-e^{-x}}{x(1+e^{-x})}\right],$$

où

$$\eta - 1 = 2772 \times 10^{-7}, \qquad r = 0{,}026, \qquad \beta = 5584 \text{ gauss/cm},$$

$$k = 8{,}32 \times 10^7, \qquad x = \frac{173{,}2}{T}.$$

Cette formule est obtenue en substituant, dans la formule de Langevin-Born,

$$C = \frac{\eta - 1}{10\lambda k^2 T^2}\sqrt{\frac{5r}{6-7r}}\,[2\mu^2\cos^2\theta - \mu^2\sin^2\theta],$$

aux expressions $\mu^2\cos^2\theta$ et $\mu^2\sin^2\theta$ les valeurs

$$4\beta^2\frac{e^{-x}}{1+e^{-x}} \quad \text{et} \quad 4\beta^2\frac{1-e^{-x}}{x(1+e^{-x})},$$

tirées de la formule de Van Vleck.

---

[1] *Comptes rendus*, 202, 1936, p. 2143.

Cette formule conduit à une valeur de la constante de Cotton et Mouton rapportée à 1^{atm}, à la température de 19° C. pour $\lambda = 0^{\mu},546$, égale à

$$C_m = 3,72 . 10^{-15},$$

en bon accord avec le nombre expérimental $C_m = 3,32 . 10^{-15}$.

Elle indique que la biréfringence passe par un maximum à — 57° C. et que la biréfringence s'annule en changeant de signe à une température voisine de —138° C. L'existence du maximum a été constatée expérimentalement. Des mesures effectuées à densité constante donnent en effet les valeurs suivantes des angles β (angles de rotation de l'analyseur)

t° (C.)...........	+19°	—25°	—40°	—80°
β.................	1°,93	2°,20	2°,36	2°,00

La même théorie montre qu'en première approximation l'effet obtenu pour l'*oxygène* doit être très faible, ce que vérifie l'expérience. Elle permettrait de trouver également la loi de variation de la biréfringence de ce corps en fonction de la température. Mais les calculs complets semblent devoir être plus compliqués si l'on admet qu'ici la résultante des spins se couple suivant l'axe de rotation.

II. La cuve polarimétrique utilisée dans nos mesures de pouvoir rotatoire magnétique et de biréfringence magnétique de l'oxyde azotique comprimé nous a permis de déterminer incidemment la constante de Verdet de l'hélium comprimé à 89 kg/cm². Cette constante rapportée à 1^{atm} et à la radiation $= 0,546$ est de l'ordre de $0',45 \times 10^{-6}$, résultat en bon accord avec le nombre prévu par de Mallemann et Gabiano (²). La bobine utilisée, à une couche de 103 spires en hélice, de $1^{cm},5$ de creux et de 60^{cm} de long parcourue par un courant de 2820 ampères produisait un potentiel magnétique de 365500 gauss/cm.

Nous avons, au cours de nos mesures, mis au point des cuves polarimétriques en pyrex à glaces soudées dénuées de trompe et supportant des pressions de l'ordre de 50 kg/cm². Nous les avons remplies de gaz chlorhydrique et d'ammoniac liquides. Ces deux corps n'ont montré aucune biréfringence magnétique sensible à la température ordinaire dans les conditions de nos expériences (³).

(²) *Bull. Soc. Phys.*, n° 319, 1932, p. 44 et suiv.

(³) M. Goldet s'était chargé de la mesure dans le cas de l'ammoniac liquide.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Détermination de l'hydratation des ions de l'iodure de sodium.* Note de M. **François Bourion** et de Mlle **Odile Hun**, transmise par M. Georges Urbain.

L'un de nous (¹) a déterminé précédemment l'hydratation globale des ions de l'iodure de potassium et en a déduit l'hydratation de l'ion iode, par la connaissance de l'hydratation de l'ion potassium, obtenue par la méthode qui a été indiquée.

Il était intéressant de se demander si l'étude, par le même procédé, de l'hydratation des ions de l'iodure de sodium, conduirait à des résultats analogues pour l'hydratation de l'ion iode. A cet effet, nous avons effectué l'étude par voie cryoscopique des équilibres moléculaires de la résorcine dans les solutions d'iodure de sodium, de manière que la constante d'équilibre

$$K_3 = \frac{c^3}{c'} = \frac{3C(330\Delta - ak')^3}{4a^2k'^2(3ak' - 330\Delta)}$$

ait la même valeur (²) 3,500 que dans l'eau. Les lettres ont la signification indiquée précédemment. Nous avons observé

Concentration.	INa 0,5M; $k' = 21,24$. Δ.	K_3.	INa 1,00M; $k' = 23,7$. Δ.	K_3.
0,250	0°,507	1,021	–	–
0,375	0,747	1,512	–	–
0,500	0,983	1,994	–	–
0,625	1,213	2,376	–	–
0,750	1,440	2,720	1°,630	2,628
0,875	1,658	2,907	1,879	2,845
1,000	1,872	3,043	2,137	3,182
1,125	2,090	3,234	2,381	3,316
1,250	2,308	3,403	2,630	3,497
1,375	2,515	3,424	2,875	3,610
1,500	2,725	3,463	3,1195	3,697
1,625	2,934	3,484	3,365	3,769
1,750	3,145	3,500	3,610	3,809
1,875	3,359	3,522	3,862	3,882
2,000	3,575	3,536	4,105	3,856
2,125	3,791	3,524	–	–
2,250	4,012	3,525	–	–
2,375	4,2395	3,543	–	–
2,500	4,463	3,508	–	–

(¹) Mlle Odile Hun, *Comptes rendus*, 202, 1936, p. 1779; 204, 1937, p. 1420.

(²) François Bourion, Émile Rouyer et Mlle Odile Hun, *Comptes rendus*, 196, 1933, p. 1015.

L'examen de ces nombres montre que, à la concentration 1,00M en INa, le paramètre K_3 croît constamment en même temps que la concentration en résorcine, et qu'il n'existe pas de constance pour cette grandeur.

Par contre, à la concentration 0,5M en iodure de sodium, il y a une constance convenable de K_3, lorsque la concentration en résorcine varie de $C = 1,000$ à $C = 2,500$ pour $k' = 21,24$; la moyenne de K_3 pour cet intervalle de concentration est $K_3 = 3,4121$. On calcule aisément par extrapolation à partir de cette valeur de K_3 et de celle qui correspond à $k' = 21,1$, que $K_3 = 3,500$ pour

$$k' = 21,2198.$$

Hydrate INa.0,5M. — Nous déduisons de cette valeur de k' l'hydrate correspondant à l'iodure de sodium 0,5M.

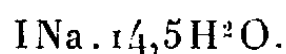
La masse x pour 100 de l'eau contenue dans la solution fixée sur le sel est

$$x = \frac{100(21,2198 - 18,4)}{21,2198} = 13,29.$$

D'autre part, de la densité de la solution à 15°, on tire que la masse d'eau par 1000$^{cm^3}$ de solution est 983^g,0. De sorte que le nombre de molécules d'eau fixé sur 1^{mol} d'iodure de sodium en solution 0,5M est

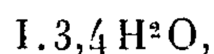
$$\frac{13,29 \times 150}{\dfrac{\dfrac{150}{2} \times 100}{983} \times 18} = \frac{13,29 \times 2 \times 983}{1800} = 14,52.$$

L'hydrate d'iodure de sodium en solution 0,5M est donc



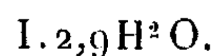
$$\mathrm{INa}.14,5\,H^2O.$$

L'hydrate de l'ion sodium 0,5M contenant 11,1 H^2O (*loc. cit.*), on en déduit, par différence, que l'hydrate de l'ion iode en solution 0,5M est



$$\mathrm{I}.3,4\,H^2O,$$

voisin de celui trouvé par l'un de nous (*loc. cit.*) à la même concentration ionique, à partir de l'iodure de potassium, à savoir



$$\mathrm{I}.2,9\,H^2O.$$

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur quelques propriétés physiques et mécaniques des aciers très purs*. Note [1] de MM. **W. Broniewski**, **S. Przedpelski** et **S. Sulowski**, présentée par M. Georges Charpy.

Les aciers industriels dits purs contiennent, en plus du carbone, environ 0,5 pour 100 d'additions (Si, Mn, P et S). Dans le fer Armco la somme de ces additions tombe à 0,1 pour 100 environ, si l'on ne tient pas compte des oxydes de fer dont la proportion est du même ordre de grandeur.

De ce fait les propriétés des aciers ordinairement étudiés se rapportent non pas aux alliages fer-carbone, mais à des alliages complexes où l'influence des constituants est inconnue, sans être négligeable.

Les aciers étudiés par nous étaient obtenus avec du fer électrolytique et du charbon de térébenthine. La fusion se faisait dans le vide d'un four à haute fréquence dans des creusets en magnésie pure fondue. Les opérations métallurgiques ne différaient de celles qu'on effectue normalement dans l'industrie que par l'emploi de matières pures. Ainsi, la déphosphoration se faisait en présence de chaux et d'oxyde magnétique de fer et la désulfuration en présence de charbon et de carbure de calcium.

Nos analyses, d'accord avec l'analyse de contrôle effectuée par le Laboratoire Fresenius à Wiesbaden (N 577), ont montré qu'en plus d'une proportion variable de carbone, les aciers contenaient en moyenne

Si = 0,010 %, Mn : non dosable, P = 0,002 %, S = 0,0005 %.

La somme de ces impuretés ne dépassait jamais 0,014 %.

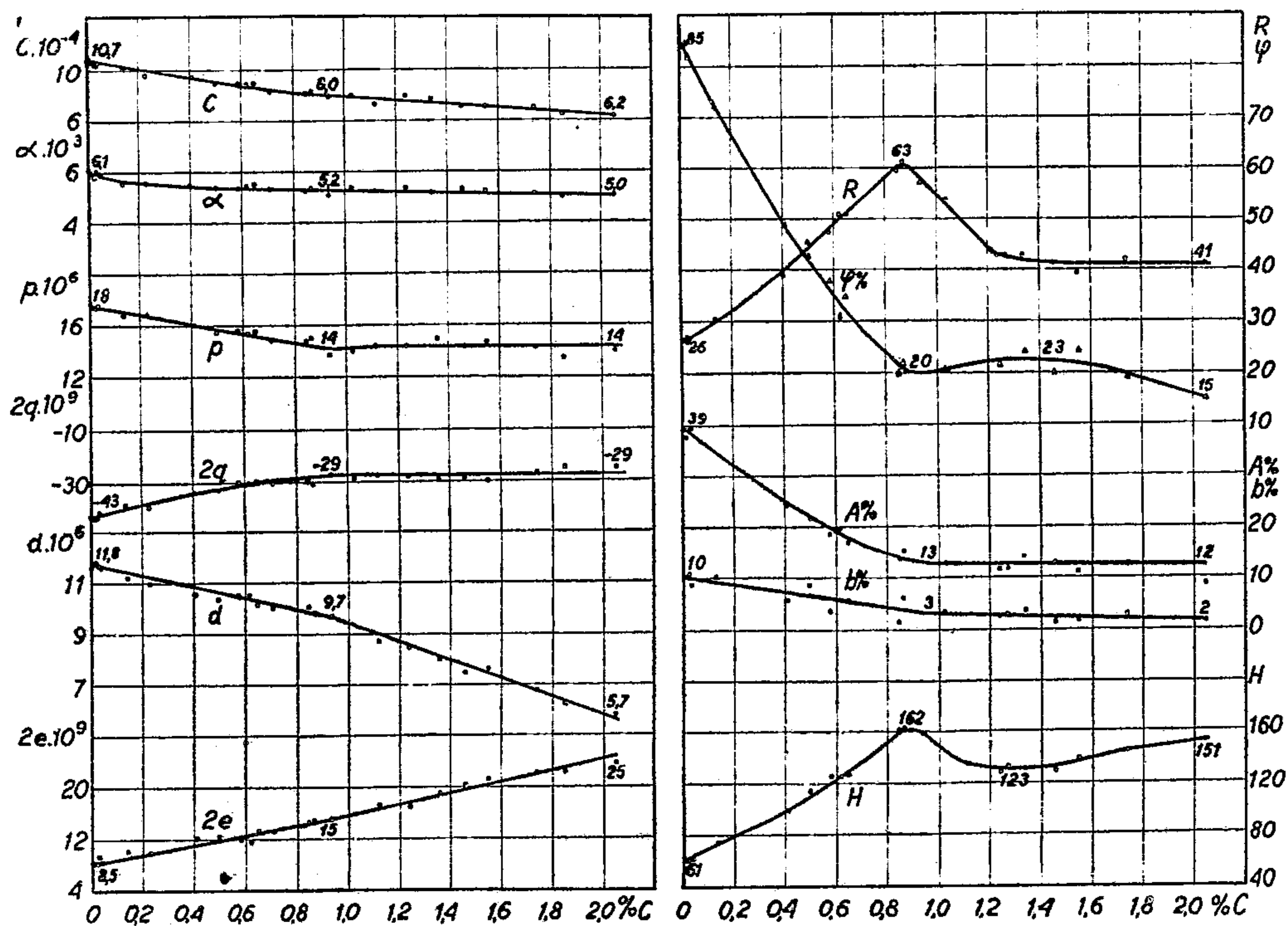
L'acier, solidifié au creuset, à cause de sa faible fluidité, était laminé et étiré en fil de 5^{mm} de diamètre, puis recuit par refroidissement en 10 heures de 900° à 600°. L'étude des propriétés physiques et mécaniques a donné des résultats reproduits sur la figure ci-contre.

C_0, conductivité électrique à 0° en ohms; α, coefficient de température de la résistance électrique entre 0° et 100°; p_0, pouvoir thermoélectrique à 0° en volts, rapporté au plomb; $2q$, variation du pouvoir thermoélectrique entre $-78°$ et $+100°$; d_0, coefficient de dilatation à 0°; $2e$, variation du coefficient de dilatation entre 18° et 444°; R, résistance à la traction en kg/mm²; φ pour 100, striction; A pour 100, allongement total à la rupture; b pour 100, allongement à la rupture, dû à la striction; H, dureté Brinell.

---

[1] Séance du 7 juin 1937.

L'étude micrographique montre que la perlite de ces aciers contient environ 0,95 pour 100 de carbone. Jusqu'à cette teneur, c'est-à-dire en présence de ferrite, elle prend par le traitement thermique appliqué la forme lamellaire; à partir de cette teneur une coagulation partielle en globules se fait remarquer. Sur la majeure partie des courbes on peut de ce fait apercevoir des points singuliers vers 0,95 pour 100 de carbone, particulièrement accentués pour les propriétés mécaniques.



La désoxydation du fer, censé être pur, faite dans le vide, par le carbone n'est pas complète à cause d'un état d'équilibre entre l'oxyde et son réducteur, d'où les différences des propriétés avec celles du fer électrolytique, décrites précédemment (²). De même, la différence entre le pouvoir thermo-électrique de ces aciers et des aciers de la plus grande pureté industrielle (³)

(²) Broniewski, *Comptes rendus*, 156, 1913, p. 699; Broniewski et Glotz, *Comptes rendus*, 204, 1937, p. 1473.

(³) Broniewski, *Comptes rendus*, 156, 1913, p. 1983.

est due probablement à de faibles quantités de manganèse contenu dans ces derniers.

La résilience, mesurée sur petites éprouvettes du type allemand, est voisine de 7^{kgm} pour l'acier à 0,1 pour 100 de C, et tombe respectivement à 0,6 et à $0,3^{kgm}$ pour 0,5 et 0,6 pour 100 de C.

La pureté des aciers diminue moins leur résistance à la traction que leur dureté, de sorte que le rapport de ces deux facteurs (coefficient de Brinell) y est plus grand que pour les aciers industriels. Il varie presque linéairement de 0,43 pour l'acier extradoux à 0,28 pour l'acier à 2 pour 100 de carbone, lorsque l'empreinte de dureté est faite parallèlement au sens du laminage.

PÉTROGRAPHIE. — *Étude des sédiments dragués par le* Président Théodore Tissier (*Plateau continental Celte-Manche et Mer du Nord*). Note de MM. **L. Berthois** et **J. Furnestin**, présentée par M. Lucien Cayeux.

M. C. H. Edelman [1] a supposé que les sables côtiers français de la Mer du Nord et de la Manche, dans la partie comprise entre la frontière franco-belge et la baie d'Escalgrain (Normandie) provenaient du diluvium fluvio-glaciaire des Pays-Bas et du nord de l'Allemagne. Cette idée a été reprise récemment par M. J. A. Baak [2] qui l'a confirmée.

Dans ces deux études, l'opinion des auteurs est basée sur la similitude de composition minéralogique quantitative des formations sableuses.

C'est dans le but de vérifier cette hypothèse que nous avons étudié les sédiments dragués par le *Président Théodore Tissier.*

Le tamisage des échantillons dragués en Mer du Nord nous a permis d'établir leur répartition en quatre groupes :

Type I. — Les poids des résidus sur les tamis n°s 80-100 et 120 sont toujours très faibles, ils n'atteignent jamais 20 pour 100 et pour les tamis n°s 100 et 120 ils sont souvent inférieurs à 10 pour 100. Par contre, les éléments franchissant le tamis n° 120 sont très abondants (plus de 50 pour 100).

Type II. — Le refus sur le tamis n° 80 dépasse toujours 30 pour 100 et peut atteindre 85 pour 100, le résidu sur le tamis n° 120 ne dépasse jamais 30 pour 100,

---

(1) *Petrologische provincies in het Nederlandsche Kwartair* (*Thèse*, Amsterdam, 1933, 104 pages, 8 fig.).

(2) *Regional petrology of the southern North Sea* (*Thèse*, Vageningen, 1936, 127 pages, 8 fig., 1 carte hors texte).

Type III. — Le refus sur le tamis n° 80 est voisin du poids des éléments franchissant le tamis n° 120, mais les résidus sur les tamis n°s 100 et 120 ne représentent souvent pas plus de 15 pour 100.

Type IV. — Le mélange est plus complexe, le résidu sur le tamis n° 80 et les éléments fins ne forment qu'une faible portion de sable qui est surtout composé d'éléments moyens (refus sur les tamis n°s 100 et 120).

Lorsqu'on reporte ces types sableux sur une carte des courants de la Mer du Nord, on voit que le type I (sable fin dominant) est toujours situé dans des zones calmes.

Le type II s'observe dans des zones à fort courant (rencontre de courants de direction différente).

Enfin les types III et IV, qui dans les tamisages, établissent la transition entre les types I et II constituent par leur répartition dans les stations de dragage des transitions entre les termes extrêmes.

Nous avons en outre constaté que pour des profondeurs très voisines il existait des variations considérables dans la grosseur et la répartition des grains.

Le dosage de la teneur en minéraux lourds de chaque échantillon a montré que 1° les faibles teneurs (jusqu'à 0^{g},2 pour 100) correspondent toujours au type I des tamisages, 2° les moyennes teneurs (0^{g},2 à 1^{g} %) correspondent aux types III ou IV, rarement au type II, 3° les fortes teneurs correspondent le plus souvent au type II.

Enfin l'étude des variations de pourcentage du grenat et du zircon comparée aux différents types de sable des stations nous a permis de constater les faits suivants :

1° Dans le type I, où les éléments fins dominent et dans le type II, où ils sont encore abondants, il s'est déposé des quantités de zircon à peu près égales à celles du grenat.

2° Dans le type II, où les gros éléments sont dominants et dans le type IV, où les éléments moyens sont abondants et les éléments fins assez rares, il s'est déposé 11 fois (sur 12) des quantités de grenat très supérieures à celles du zircon (jusqu'à 42 fois plus). Le zircon n'ayant dépassé qu'une seule fois la teneur en grenat.

Toutes ces observations démontrent que les courants peuvent modifier profondément la composition minéralogique quantitative des sédiments.

D'autre part, l'étude des minéraux lourds des sédiments dragués sur le plateau continental Celte et à l'entrée de la Mer d'Irlande nous a permis de reconnaître des assemblages minéraux voisins des types de transition

établis par M. Baak (*loc. cit.*) entre les groupes H et E et les groupes H et Nord-Hinder. Nous pouvons donc conclure que :

1° Les roches des côtes de France et d'Angleterre qui ont vraisemblablement fourni les matériaux des sables du plateau continental Celte et de l'entrée de la Mer d'Irlande peuvent constituer des assemblages minéraux semblables à ceux des côtes de Hollande.

2° Les courants jouent un rôle considérable dans l'édification des sédiments dont ils peuvent modifier profondément la composition minéralogique, soit pendant le transport, soit par remaniement des éléments déposés.

En conséquence, nous pensons, contrairement à l'opinion émise par MM. Edelman et Baak, que la similitude de composition minéralogique quantitative ne peut, en l'absence de minéraux caractéristiques d'un gisement déterminé, servir de critérium pour déterminer l'origine d'un sable marin.

PÉDOLOGIE. — *L'alios de la forêt de Montmorency*. Note de MM. **Léon Aufrère, Édouard Giraud** et **Edmond Vignard**, présentée par M. Lucien Cayeux.

Des fouilles effectuées dans la forêt de Montmorency, près de Piscop (Seine-et-Oise), ont révélé l'existence d'un paléosol daté par une importante industrie tardenoisienne et jetant une certaine lueur sur la paléopédologie et la paléoclimatique des derniers temps du Quaternaire.

Le gisement se trouve au-dessus des premières pentes du plateau, à l'ouest du village de Piscop et a 500^{m} ou 600^{m} au sud du Fort de Domont.

Le sol est constitué par le sable stampien. A quelques mètres du terrain exploré, du côté Nord, se trouve la Meulière de Montmorency qui paraît *in situ*. Du côté Sud, un peu plus bas, les sables sont recouverts par un paquet de meulière qui a glissé sur les pentes et retenu les sables situés au-dessous et en arrière : c'est sur cette banquette et encadré par la meulière que se trouve le gisement considéré.

Les fouilles ont duré plusieurs mois. De haut en bas, on a observé la superposition suivante : 1° un sol sableux, humifère, peu épais ; 2° un sable croulant, gris clair, de plusieurs décimètres d'épaisseur, avec quelques marbrures ocreuses, surtout vers la base ; 3° un sable consolidé, présentant au sommet une couche noire de quelques centimètres d'épaisseur, et

au-dessous de celle-ci, une couche ocreuse beaucoup plus épaisse. Mais dans l'une et dans l'autre, on reconnaît habituellement la stratification du sable stampien qui a été consolidé par des actions édaphiques, à une époque que les industries permettent de préciser. Comme la couche ocreuse était sans intérêt au point de vue archéologique, les fouilles ne l'ont pas traversée. Mais, du côté Sud, sur le bord de la nouvelle route, à quelques mètres du gisement, sous la meulière qui a glissé, on voit le même sable ocreux, compact, mais non consolidé. Du côté Nord, sous la meulière *in situ*, le sable se présente de la même manière. Il doit visiblement ces caractères à des phénomènes d'imprégnation ferrugineuse en rapport avec la meulière sus-jacente. Le sable du gisement a de tout autres caractères.

On y reconnaît la zonation caractéristique des podzols. Elle s'est faite ici dans la partie supérieure du sable stampien préalablement rubéfié par la meulière. La partie consolidée est un alios. La partie claire qui le surmonte est plus complexe. A ne regarder que la coloration, on pourrait la considérer comme la zone déferrifiée par la végétation et surmontant normalement la zone illuviale consolidée. Effectivement, par endroits, il semble bien qu'on y reconnaisse la stratification du Stampien. Mais, en général, cette zone grise est sans stratification et le sable qui la constitue est nettement remanié. C'est là, en effet, que se trouve une industrie mésolithique, extrêmement abondante et parfaitement caractérisée, représentant le Tardenoisien ancien. Au-dessous, tout à fait à la base, on a bien trouvé quelques pièces appartenant certainement au Paléolithique supérieur, mais insuffisamment caractérisées pour qu'on puisse leur donner une attribution plus précise. Il nous est impossible de dire si elles se trouvaient dans le sable remanié et décoloré qui les aurait recouvertes, ou dans le sable *in situ* sous-jacent. Mais cette dernière indécision n'a pas une très grande importance : la couche mésolithique recouvre un paléosol sur lequel ou au sommet duquel se trouve un peu d'industrie remontant au Paléolithique supérieur. Il nous semble établi qu'on se trouve en présence d'un ancien podzol, c'est-à-dire d'un sol froid, avec ses trois zones classiques et antérieur au Tardenoisien. La zonation ne saurait être plus récente que l'industrie mésolithique que nous avons jamais recueillie dans la zone consolidée de l'alios malgré son allure extrêmement sinueuse. Le paléosol paraît bien ici avoir été enterré par la couche qui a livré l'industrie microlithique, au cours de l'époque même où les populations mésolithiques ont abandonné leur outillage et avec du sable décoloré pris au podzol lui-même. Le vieux sol se trouve maintenant incomplet parce que

la couche fossilisante s'est constituée, en partie au moins semble-t-il, avec les éléments décolorés pris au sol fossilisé. D'autre part, en dehors de quelques excavations artificielles, l'alios ne présente pas de solutions de continuité sur l'étendue du gisement. Il n'a donc pas été atteint par les dénudations entre le Paléolithique supérieur mal déterminé que nous avons recueilli et le Mésolithique si abondant qui vient au-dessus. Il doit avoir précédé immédiatement ou à peu près immédiatement les temps tardenoisiens et il doit être contemporain des froids de l'époque magdalénienne.

Cette date pourrait peut-être s'étendre à l'alios, que l'un de nous a rencontré sur les terres siliceuses du Bassin de Paris et des régions voisines, et qui apporte la preuve de l'existence d'une forêt de région froide sur nos contrées à un moment que nous n'avions pu déterminer et que les fouilles de Piscop nous permettraient de dater avec une précision relativement satisfaisante.

GÉOLOGIE. — *Contribution à l'étude géologique des Nouvelles-Hébrides.* Note de M. **Edgar Aubert de La Rüe.**

De nouvelles recherches, effectuées en 1935-36, me permettent de préciser quelques points de la géologie de l'archipel. A Pentecôte, le socle cristallin, découvert précédemment, affleure surtout dans les vallées et sur le versant ouest de l'île, entre la baie Martelli et le village de Baruet, mais se prolonge certainement plus au Nord car j'ai trouvé des galets de gabbro et de serpentine dans la baie de Melsisi. Sur ce socle doivent exister des grès et conglomérats à éléments serpentineux, rencontrés jusqu'à présent, à l'état de blocs remaniés entre la baie Homo et Lonororo. Au-dessus du soubassement cristallin apparaissent, en place, des formations volcaniques, représentées principalement par des cinérites, des tufs et des brèches, ensemble surmonté par une puissante série de calcaires compacts.

Un grand volcan, le Mont Otnanmeretakak (934^{m}), constitué par des laves et tufs basaltiques, occupe le centre de l'île. Le Nord est formé par des calcaires, affectés de pendages divers, faibles en général, recouvrant le long de la côte nord-est des tufs et des brèches andésitiques,

Les calcaires ont une large extension dans le nord de Maewo; dans le centre de l'île, juste au sud de Betarara, se dresse un ancien volcan basaltique dont le cratère est largement ouvert à l'Ouest. Toute la partie orientale de Santo est formée par des assises calcaires, à faciès récifal et riches

en Foraminifères, accusant un léger pendage vers le Sud-Est. Ces mêmes dépôts paraissent former la totalité d'Aore et une grande partie de Malo, dont le point culminant est un ancien volcan.

A Malekula, les gabbros du socle, visibles dans la vallée de la Leava, à l'Est de Norsup, se retrouvent dans le bassin de la Pangkumu où je les ai rencontrés à l'état roulé, en même temps que des diorites quartziques. La vallée de la Pangkumu est ouverte en grande partie dans des brèches et tufs andésitiques avec coulées et dykes de lave. Dans cet ensemble, de plusieurs centaines de mètres d'épaisseur, apparaissent des niveaux de conglomérats fluviatiles, à éléments volcaniques et bois fossiles, très vraisemblablement tertiaires, notamment dans le ravin de Nowindembe, assez au sud du Mont Penot. Plus haut viennent des calcaires à Foraminifères, souvent bréchoïdes et parfois complètement silicifiés.

L'île Epi est principalement volcanique, mais des récifs soulevés et des calcaires riches en Foraminifères affleurent dans sa partie occidentale, jusqu'à la cote 100 environ. Les formations volcaniques d'Epi appartiennent à deux séries distinctes. La plus ancienne, fortement disséquée par l'érosion, occupe tout l'Ouest, à partir d'une ligne allant approximativement de la baie Swaele à celle du Diamant. Les tufs scoriacés, parfois d'origine marine, y ont une grande extension et surmontent des coulées dacitiques et andésitiques. Dans la vallée d'Hibau, à l'Est de la baie Nelson, les brèches contiennent des blocs d'obsidienne et des enclaves homœogènes leucocrates, correspondant à des diorites et des dolérites quartziques. L'Est d'Epi, beaucoup plus jeune, comprend plusieurs volcans bien conservés, notamment le Mont Nueliliu, point culminant (840^m). Les laves rencontrées dans cette partie de l'île sont des dacitoïdes, des andésites et des basaltes.

Un puissant massif volcanique démantelé occupe le Nord d'Efate, dont les laves andésitiques et basaltiques, souvent altérées, renferment parfois de grosses concrétions siliceuses. Des tufs ponceux, avec fragments d'obsidienne andésitique, ont une grande extension dans le reste de l'île, mais sont en grande partie masqués par des récifs coralliens soulevés, très développés, disposés en gradins étagés et portés à plus de 300^m d'altitude. Dans le Nord d'Efate, ces récifs s'élèvent même à la cote 450. Ils sont parfois silicifiés avec pseudomorphoses de Corail en calcédoine et renferment des cristaux de barytine.

L'île Eromanga est constituée par la juxtaposition de trois grands massifs volcaniques, situés respectivement dans le Nord, le Centre et l'Est du pays.

On y trouve plusieurs cratères très nets. Le massif oriental, entre la baie Polenia et celle de Cook, est le plus récent. Les laves dominantes d'Eromanga sont des andésites accompagnées de quantités énormes de produits de projection. A l'Ouest et au Sud, les formations volcaniques sont recouvertes par des calcaires coralliens, portés à la cote 300 et assez fortement inclinés vers l'Ouest.

Tanna est surtout formée par des laves et des tufs andésitiques. Indépendamment des récifs soulevés, qui jalonnent l'Ouest et le Nord de l'île, les régions les plus anciennes, j'ai noté la présence de calcaires, en couches sensiblement horizontales, à plus de 450^m d'altitude dans les montagnes entre Ikamri et Loenbakel.

Les phénomènes de latéritisation ne jouent aux Nouvelles-Hébrides qu'un très faible rôle. J'ai observé des argiles latéritiques seulement dans les îles les plus méridionales, à la surface des laves de Nguna, d'Efate, d'Eromanga et surtout d'Aneitium.

PHYSIQUE DU GLOBE. — *Observation de l'image atmosphérique d'un phare.* Note (¹) de MM. **Georges Colange** et **Yves Le Grand**, présentée par M. Charles Fabry.

A Belle-Isle en Mer, sur les falaises rocheuses situées entre Port-Coton et Port-Goulphar et surtout entre celui-ci et la sirène de brume, on a pu voir en août 1936, pendant plusieurs nuits consécutives, une image atmosphérique du grand phare de Belle-Isle.

Le phare est situé à l'intérieur des terres à peu près à 1^{km} du point d'observation, la lanterne étant de 50^m environ plus élevée que celui-ci. L'observateur se trouve sur les hautes falaises qui tombent à pic d'une cinquantaine de mètres dans la mer; il tourne le dos au phare et devant lui sur l'océan il n'y a aucune terre et aucune île. Le pinceau lumineux passe à une faible distance au-dessus de l'observateur et avec une grande rapidité, si bien qu'en regardant le zénith il ne le voit pas passer.

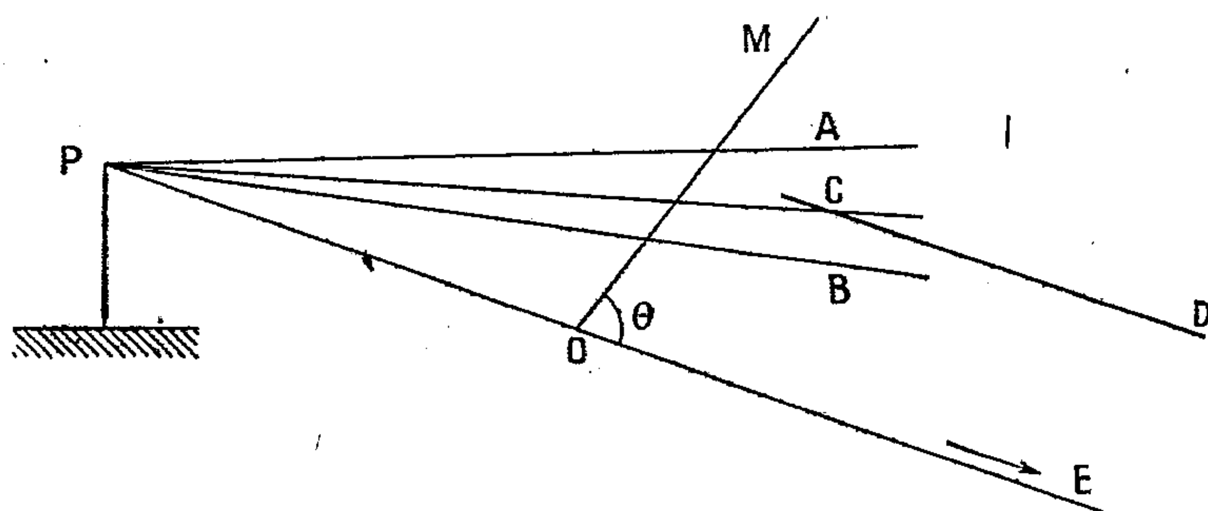
En regardant à l'opposé du phare, l'observateur voit le faisceau lumineux, mais il a l'impression très nette qu'il provient d'un autre phare tournant, qui serait situé devant lui et au-dessous de l'horizon (²) sur quelque île

(¹) Séance du 31 mai 1937.

(²) Dans ces observations nocturnes, il n'est pas question de distinguer la ligne de séparation de la mer et du ciel, et l'horizon est défini par le plan horizontal de l'observateur

inconnue. En effet, le pinceau lumineux qui tourne dans le ciel est à peu près limité par l'horizon, son prolongement passe par un point fixe placé à l'opposé du phare réel et en dessous de cette ligne ; la partie la plus brillante est la plus basse sur la mer.

Géométriquement, ce phénomène de *l'antiphare* peut s'expliquer de la



façon suivante : soient P le phare, O l'observateur, PC un rayon quelconque du pinceau lumineux PAB, CD une droite parallèle à PO ; le plan PCD passe constamment par O. Par suite, l'observateur voit toujours les droites PC et CD dans le prolongement l'une de l'autre ; or, toutes les droites telles que CD paraissent diverger du point à l'infini E de la droite PO ; il en sera donc de même pour le prolongement de tout rayon lumineux tel que PC. Ce point E constitue l'antiphare ; comme l'angle BPE est fini, E ne sera pas atteint par les rayons eux-mêmes, mais seulement par leurs prolongements, ce qui explique que les rayons paraissent diverger du point situé en dessous de l'horizon.

Photométriquement, il convient d'expliquer pourquoi le pinceau de l'antiphare semble d'autant plus lumineux que la portion considérée est plus voisine de l'horizon. Supposons pour cela qu'il n'y ait pas d'absorption atmosphérique et que chaque particule diffusante devienne une source d'intensité uniforme dans toutes les directions ; on calcule aisément que la brillance suivant la direction OM est inversement proportionnelle à sin θ tant que θ reste supérieur à OPA, le maximum de la brillance ayant lieu quand OM et PA sont parallèles ; plus le pinceau est étroit, plus ce maximum sera marqué.

Nous avons vérifié ces résultats au laboratoire en dirigeant vers le ciel un pinceau lumineux dont on mesurait la brillance au moyen d'un photomètre placé latéralement.

Le rapport de la brillance maxima mesurée dans la direction opposée à

la source lumineuse à la brillance dans la direction perpendiculaire au faisceau et dirigée vers celui-ci a été trouvé égal à 7,5 et à 16 pour des faisceaux ayant des ouvertures respectives de 7° et de 2°20′ (les maxima théoriques correspondants seraient 8,2 et 25).

Il est bien entendu que ces chiffres, comme la visibilité de l'antiphare, doivent varier suivant les conditions atmosphériques; dans d'autres expériences, l'état de l'atmosphère étant différent, nous avons trouvé d'autres chiffres, mais du même ordre de grandeur, ce qui suffit à expliquer le phénomène de l'antiphare.

Pour que ce phénomène se produise, il faut donc des conditions topographiques parfaitement déterminées : faisceau lumineux passant au-dessus et près de l'observateur, qui doit être sur une falaise élevée, loin du phare, et avoir un horizon de mer étendu devant lui.

Ces conditions se trouvent rarement réalisées; elles le sont à Belle-Isle et le phénomène décrit ci-dessus peut-être observé auprès du grand phare de l'île qui fut construit d'après les plans et les rapports de Fresnel ([3]) lui-même.

BOTANIQUE. — *Sur l'origine botanique du Chuchuhuasha.* Note de MM. **Raymond-Hamet** et **Colas**, présentée par M. Pierre-Augustin Dangeard.

Après avoir mis en évidence l'activité physiologique ([1]) d'une écorce péruvienne que les Indigènes désignent et utilisent sous le nom de Chuchuhuasha ([2]), nous avons pu en déterminer l'origine botanique. Cette écorce, qui provenait des environs d'Iquitos, présente les caractères histologiques que voici :

Au-dessous de la couche subéro-phellodermique à éléments tabulaires

([3]) *Œuvres complètes,* 3, p. 333. Le phare de Belle-Isle a été construit quelques années après la mort de Fresnel et allumé le 1er janvier 1836. Pour la construction, le plan de Fresnel a été légèrement modifié; il contenait en effet quelques innovations qui parurent trop audacieuses à cette époque et qui d'ailleurs sont adoptées dans tous les grands phares modernes.

([1]) *C. R. Soc. Biol.*, 114, 1933, p. 914.

([2]) D'après Dominguez, Nazza et Soto (*Trabaj. d. Instit. de Botan. y Farmacol., Buenos-Ayres,* 51, 1933, p. 5), Chuchu, en langue quichua, signifie froid, fièvre qui donne le frisson.

régulièrement superposés et du parenchyme cortical peu abondant à cellules polygonales, la zone libérienne occupe les 6/7e du diamètre de l'écorce. Dans sa partie interne, ce liber est divisé, par des rayons médullaires formés de 2 à 3 rangées de cellules, en étroites bandes d'éléments parenchymateux assez régulièrement disposés en files radiales et dont quelques-uns contiennent un cristal non maclé d'oxalate de calcium. Dans les parties moyenne et externe de la zone libérienne, ces bandes, qui sont séparées par des rayons médullaires s'élargissant progressivement à mesure qu'ils se rapprochent de la périphérie, s'étirent en longues traînées radiales plus ou moins sinueuses composées d'un petit nombre de rangées — souvent même d'une seule rangée — d'éléments parenchymateux interrompus de place en place par des stéréocytes arrondis à lumen étroit et à parois canaliculées. On constate, sur la coupe transversale, que ces stéréocytes peu allongés forment, en se soudant bout à bout, des files de quelques éléments qui offrent l'apparence d'une fibre unique d'ailleurs assez courte. Des sclérocytes, de forme irrégulière et toujours groupés en amas, se trouvent non seulement dans la région corticale mais encore dans les portions externe et moyenne de la zone libérienne, où ils se montrent toutefois d'autant moins nombreux qu'on s'éloigne davantage de la périphérie. Quelques cellules à cristaux non maclés d'oxalate de calcium s'observent à la périphérie de ces sclérocytes mais ne paraissent pas les entourer complètement et constituer un véritable *cristarque*.

Les feuilles sont alternes et brièvement pétiolées; leur limbe, ové ou oblong, assez longuement acuminé, a des bords entiers ou très faiblement crénelés. Dans le parenchyme du pétiole, on observe des sclérocytes isolés à lumen très réduit, à parois épaisses et canaliculées, à contours irréguliers, prolongés à chacun de leurs angles par une pointe très largement triangulaire; dans celui du limbe, ces sclérocytes sont très développés et fortement ramifiés. L'appareil conducteur du pétiole est constitué par un gros faisceau fermé largement triangulaire entouré extérieurement par un anneau presque continu de petits groupes de fibres cylindriques lignifiées à parois très épaisses et à lumen presque punctiforme. On n'observe pas de cristaux d'oxalate de calcium dans les cellules épidermiques du limbe et du pétiole, pas d'hypoderme à la périphérie du mésophylle bifacial.

Quant aux fleurs, dont nous n'avons trouvé que cinq sur plusieurs kilogrammes de tiges feuillées, elles sont pédicellées et solitaires à l'aisselle des feuilles. Elles ressemblent beaucoup à celles du *Maytenus*

communis Reissek ([3]), mais les bords de leurs sépales sont profondément dentés-fimbriés, cependant que ceux de leurs pétales sont nettement crénelés-sinués.

Connaissant la variabilité du *M. communis* ([3]) et pensant avec G. Briquet ([4]) que les espèces que Reissek en a séparées ne sont déjà que trop nombreuses, nous n'aurions pas considéré notre plante comme un *Maytenus* nouveau si l'étude de ses particularités histologiques ne nous avait montré qu'elle se distingue à ce point de vue du *M. communis* par un caractère dont l'importance a été notée par G. Stenzel ([5]) dans son important mémoire sur l'anatomie des Célastracées et des Hippocratéacées. Comme cet auteur, nous avons pu constater, en effet, que le limbe du *M. communis* (Glaziou n°s 4204 et 7570, Herb. du Muséum de Paris) est dépourvu de sclérocytes ramifiés.

Pour ces raisons et aussi parce que les fleurs du Chuchuhuasha sont solitaires alors que celles du *M. communis* sont groupées en cymes, nous nous croyons autorisés à tenir la plante que nous avons étudiée pour un *Maytenus* nouveau dont le nom vernaculaire deviendra l'épithète spécifique : ce sera donc le *Maytenus Chuchuhuasha* Raymond-Hamet et Colas.

Ajoutons que les Indigènes désignent et utilisent sous le nom de Chuchuhuasha non seulement notre *Maytenus Chuchuhuasha* mais encore plusieurs plantes qui s'en rapprochent, en particulier un *Maytenus* à grandes feuilles entières pourvues de sclérocytes ramifiés et une Hippocratéacée, le *Salacia Colasi* Benoist.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Démonstration du caractère extrinsèque d'oxydations provoquées par le glucose.* Note de M. **Lucien Plantefol**, présentée par M. Marin Molliard.

J'ai désigné ([1]) sous le nom d'*oxydations extrinsèques* des oxydations qui seraient produites au contact des cellules vivantes, et dont la réalisation dépendrait de la rencontre entre l'oxygène et une substance oxydable à la

---

([3]) S. Reissek, in C. F. P. de Martius, *Flora Brasiliensis*, 2, I, 1861, p. 22.

([4]) *Annuaire du Conservat. et du Jard. bot. de Genève*, 20, 1919, p. 364.

([5]) *Anatomie der Laubblätter und Stämme der* Celastraceae *und* Hippocrateaceae (*Inaug. Dissert. Breslau*, sans date).

([1]) *Comptes rendus*, 204, 1937, p. 370.

surface du protoplasme; de telles oxydations se produiraient donc, en réalité, hors des cellules vivantes, ce qui ferait mettre en doute qu'elles aient un rapport avec le métabolisme cellulaire. J'ai montré alors que les oxydations qui viennent élever *l'intensité respiratoire*, lorsqu'on place un aliment oxydable comme le glucose au contact de matière vivante, ont des caractères qui rendent vraisemblable qu'elles soient des oxydations extrinsèques. J'apporte ici une nouvelle série de faits qui démontrent l'exactitude de l'interprétation précédente.

Trempé dans une solution de glucose de concentration N/10, l'*Hypnum triquetrum* augmente ses oxydations : une vingtaine d'expériences successives, portant sur des lots de Mousses différents, ont montré que l'augmentation est en moyenne 75 pour 100, pour l'oxygène consommé.

Les faits analogues établis par Palladine, à propos du saccharose et pour des feuilles étiolées (Fève, Blé), ont été interprétés comme traduisant l'effet alimentaire du sucre; la cellule, bien nourrie, enrichie en réserves formées à partir de ce sucre, verrait ses phénomènes respiratoires augmentés.

On peut mettre aisément à l'épreuve une telle hypothèse : un court lavage permettra de retirer non seulement le sucre du liquide mouillant les surfaces, mais aussi, par diffusion, une part au moins du sucre qui a pu demeurer *dans les membranes*, hors des cellules proprement dites. Il paraîtrait invraisemblable que 5 minutes de séjour dans l'eau, pour une Mousse qui passe presque toute sa vie active recouverte d'une importante masse d'eau et exposée à l'action des précipitations, puissent faire diffuser une part appréciable des substances *contenues dans les cellules*. La variation produite dans l'intensité respiratoire, à la suite d'un lavage rapide, montrera donc la part des oxydations à rapporter aux substances extérieures au protoplasme; elle mesurera donc les oxydations extrinsèques.

Les résultats sont d'une netteté parfaite : tandis que, après immersion dans une solution de glucose N/10, les oxydations sont portées de 1 à 1,75 pour l'oxygène consommé (de 1 à 1,80 pour le CO^2 produit), les lots exposés à l'action du glucose, puis soumis à 5 minutes de lavage par simple séjour dans l'eau, ont en moyenne comme intensité respiratoire 1,05 pour l'oxygène consommé (1,12 pour le CO^2 produit). Ainsi, des 0,75 que l'hypothèse de Palladine interprète comme dus à la nutrition cellulaire, 0,70 manifestent des oxydations extrinsèques, sans rapport avec la vie cellulaire, 0,05 seulement traduisent réellement un effet de nutrition.

En variant les conditions expérimentales, on apporte des preuves nouvelles :

1° Une série d'expériences a comporté l'immersion, dans la solution glucosée, pendant des temps variables de 2 minutes à 15 heures; pratiquement, dans tous les cas, l'augmentation des oxydations a été la même : le séjour au contact du glucose n'amène pas une variation en fonction du temps, comme celle qui pourrait dépendre d'une nutrition progressive des cellules.

2° Après 5 minutes de lavage, on est ramené à des valeurs très voisines, quel qu'ait été le temps de séjour en milieu glucosé. En fait, si, en 15 heures, des réserves ont été accumulées par les cellules au contact du glucose, ce qui n'est pas en discussion ici, la respiration (1,07) n'est pas sensiblement augmentée pour autant.

3° Le lavage produit des résultats identiques, même s'il se limite à un temps très court. Par exemple, dans une expérience où la consommation d'oxygène est passée de 1 à 1,55 sous l'action du glucose N/10, le lavage pendant 1, 5, 30 minutes ramène aux valeurs suivantes : 1,08-1,02-1,04.

4° Une dernière expérience complète la démonstration. Un lot A, après immersion dans le glucose, sert de témoin; un lot B, traité de même, subit un lavage de 5 minutes; un lot C est, après lavage, remis 5 minutes au contact de la solution de glucose. Voici, par rapport à un témoin sans glucose, les intensités respiratoires de ces trois lots :

	A.	B.	C.
(O^2 consommé)	1,74	1,05	1,74

Tous ces faits établissent d'une manière indiscutable que l'augmentation d'oxydation réalisée, après action d'une solution glucosée, par l'*Hypnum triquetrum*, est due presque exclusivement à des oxydations extrinsèques; elle n'est nullement consécutive à la nutrition des cellules.

ZOOLOGIE. — *Fusome et cellules en croix des Éponges calcaires*. Note [1] de M. **Octave Duboscq** et Mlle **Odette Tuzet**, présentée par M. Maurice Caullery.

Hirschler[2] a réuni, sous le nom de fusome, les divers éléments du fuseau mitotique, les reliquats fusoriaux et leurs dérivés. Le premier, il a montré

---

(1) Séance du 31 mai 1937.

(2) *S. B. d. Gesellsch. d. Wiss. in Lwow*, 12, 1932 (cité d'après Hirschler, 1935); *Zoologica Poloniae*, 1, 1935, p. 31.

l'importance du système fusorial, qu'il met presque sur le même rang que les chromosomes. Ce serait un élément plasmatique s'ébauchant aux dépens des chromomères, formé en partie par la chromatine d'élimination et qui, emportant avec lui des gènes, aurait un rôle dans l'hérédité.

Beaucoup de différenciations cytoplasmiques (terminaisons nerveuses, neurofibrilles, myofibrilles, tonofibrilles, etc.) trouveraient leur origine dans le fusome. Pour nous en tenir aux Éponges, Hirschler (1935) ([3]), par de forts arguments, attribue au fusome la formation de la substance protéique des spicules ou des fibres de spongine. Mais sa théorie, il le précise lui-même, manque encore de preuves décisives, tirées de l'observation, et est avant tout une hypothèse de travail.

Dans un Mémoire actuellement à l'impression ([4]), nous décrivons chez *Sycon raphanus*, dans les ovocytes au terme de la croissance et dans les blastomères, des formations fusoriales de forme diverse, sans avoir pu leur assigner un rôle quelconque. De nouvelles recherches nous permettent, croyons-nous, de démontrer que le fusome est le déterminant des quatre cellules en croix décrites par nous (Duboscq et Tuzet, 1933) ([5]) précédemment, et qui donnent à la larve de l'Éponge une symétrie tétraradiaire, c'est-à-dire la morphologie d'un Cœlentéré.

Si l'on examine les premiers blastomères on trouve, chez certains d'entre eux, une petite plage hyaline attenant à la membrane et ayant tous les caractères d'un reliquat fusorial. Elle est d'abord placée sur un flanc de la cellule, puis finalement à son pôle inférieur. Les cellules à fusome sont primitivement contiguës. Au stade à 8 blastomères, 4 d'entre eux seulement sont pourvus de fusome et alternent avec ceux qui en manquent. Au stade à 16 blastomères, qui sépare l'ectoderme (cellules dermiques) de l'endoderme, nous n'avons toujours que 4 cellules à fusome et elles sont toutes dans l'endoderme avec la même alternance qu'au stade précédent (*fig.* 1).

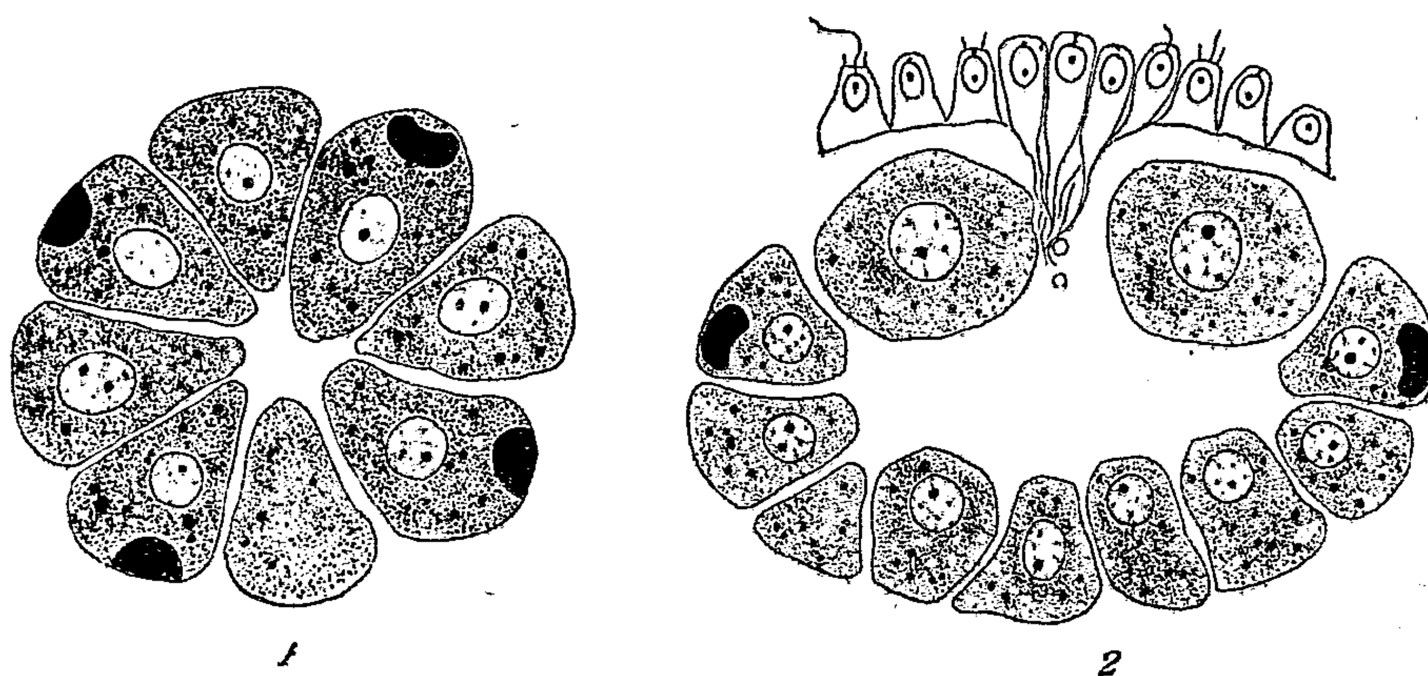
Tandis que les cellules dermiques restent un temps assez long sans se diviser, les cellules endodermiques se multiplient. Ainsi se forme ce que nous avons appelé une stomoblastule. C'est la première blastule avant le retournement, stade connu seulement chez les Spongiaires et chez les Volvocinées. Dans les plus jeunes stomoblastules, les 4 cellules à fusome sont placées en croix et appartiennent toutes au cercle de cellules contigu aux

---

([3]) *Ergebnisse und Fortschr. d. Zool.*, 8, 1935, p. 329.
([4]) *Arch. Zool. Exp.*, 79, 1937 (sous presse).
([5]) *Comptes rendus*, 197, 1933, p. 561.

cellules dermiques (ectodermiques). On peut en voir deux sur une coupe sagittale heureuse (*fig.* 2).

La suite des divisions éloigne les cellules à fusome des cellules dermiques. A ce moment, la plage fusoriale, d'abord homogène, s'est différenciée en un arc de sphérules doubles, qui deviennent plus tard de petits corps en olive. A la fin du stade à flagelles internes, quand la stomoblastule est proche du retournement, l'arc d'olives chromatiques émigre et de la région basale ou infranucléaire passe progressivement au-dessus du noyau pour prendre sa place définitive.



Sycon raphanus O. S.

Fig. 1 — Les 8 cellules endodermiques d'un stade à 16 cellules; 4 pourvues de fusome.

Fig. 2. — Coupe sagittale d'une stomoblastule dont la bouche englobe les pieds des choanocytes Cellules à fusome contiguës aux grosses cellules dermiques. Flemming H. F. × 1000.

Nous démontrons ainsi l'origine fusoriale de l'anneau caractéristique des cellules en croix. Les faits ne nous paraissent pas susceptibles d'une autre interprétation. Cependant, nous n'avons pas suivi minutieusement la formation des plages fusoriales des premiers blastomères et il est difficile d'affirmer qu'elles ne doivent rien aux anneaux fusoriaux qu'on observe dans l'œuf et qui atteignent au plus le nombre de 4. Hirschler admet que le fusome d'une cellule peut comprendre des restes fusoriaux de plusieurs générations cellulaires.

Nous croyons toujours que les cellules en croix, si elles ont une fonction, ne peuvent être que des cellules sensorielles et qu'elles dégénèrent. Mais ce n'est pas une certitude. Au début de nos recherches nous avions soulevé l'hypothèse d'une homologation possible de l'anneau des cellules en croix à l'anneau de Giardina des ovogonies de Dytiscides. Aujourd'hui nous

venons de trouver que le fusome est le déterminant des cellules en croix. Nous ne pouvons nous empêcher de remarquer que le déterminant germinal, découvert par Bounoure (1929) ([6]) chez la grenouille, rappelle, par certains de ses aspects et par ses réactions, notre fusome des blastomères de *Grantia* et de *Sycon*, sans dissimuler cependant que l'un et l'autre ne concordent pas entièrement.

PHYSIOLOGIE. — *Influence de l'iode et de quelques composés iodés minéraux et organiques sur les lésions osseuses du rachitisme expérimental.* Note de M. **Raoul Lecoq**, présentée par M. Emmanuel Leclainche.

On sait que le rachitisme expérimental peut être obtenu aisément chez le rat, à l'abri de la lumière directe, au moyen d'un régime comportant à la fois une carence en vitamine D et un déséquilibre minéral, habituellement constitué par un large excès de calcium et une faible proportion de phosphore. La guérison de la maladie s'obtient par adjonction à la ration de vitamine D (supprimant la carence) ou d'une quantité satisfaisante de phosphore (supprimant le déséquilibre minéral). On conçoit, dans ces conditions, l'importance que certains auteurs attribuent au rapport Ca/P. La valeur de ce rapport n'apparaît pas cependant aussi grande que d'aucuns l'imaginent. Les différentes sources de phosphore se montrent, en effet, de valeur très inégale; il faut parfois des valeurs doubles ou triples de phosphore pour obtenir un même résultat. Ajoutons que certains éléments (carbonates métalliques) entravent par leur présence l'action calcificatrice des sources actives de phosphore, alors que d'autres (iodures) la renforcent ([1]).

Cette action des iodures, occasionnellement constatée, n'avait pas manqué de nous frapper. Nous nous sommes demandé si l'iode et les dérivés iodés jouissent, de manière générale, d'une activité antirachitique analogue à celle du phosphore. Pour nous en rendre compte, nous avons étudié comparativement l'influence sur le rachitisme expérimental de l'iode pur bisublimé, de l'iodure et de l'iodate de potassium, de l'iodocalcioformine

([6]) *C. R. Soc. Biol.*, **101**, 1929, p. 703.

([1]) R. Lecoq, *Bull. Ac. Méd.*, **113**, 1935, p. 760; R. Lecoq et H. Villette, *C. R. Soc. Biol.*, **114**, 1933, p. 1094; R. Lecoq et R. Gallier, *Bull. Sc. pharmacol.*, **42**, 1935, p. 284.

(cristallisée avec 12^mol d'eau) et de l'huile d'œillette iodée à 40 pour 100 (iode dissimulé).

A cet effet, des lots de quatre jeunes rats blancs de 35g à 45g ont été préalablement rendus rachitiques, en 7 jours, au moyen du régime Randoin-Lecoq (²) :

Peptone de muscle	17
Levure de bière sèche pulvérisée	3
Graisse de beure	5
Huile d'olive	5
Saccharose	65
Mélange salin Z 84	4
Lactate de calcium	1
Eau distillée et papier filtre	*ad libitum*

Le contrôle des animaux était assuré par un examen radiographique montrant notamment l'élargissement typique de la zone cartilagineuse d'accroissement diaphysoépiphysaire de la tête du tibia et de l'humérus. Ultérieurement, ces différents lots de rats reçurent, pendant 10 jours, le même régime additionné, pour 100g, de 0g,50, 0g,75, 1g, 1g,50, 2g et 3g, de l'une ou l'autre des substances précédemment citées. Au bout de ce temps, une nouvelle radiographie permettait d'apprécier la calcification des lésions osseuses primitivement observées.

Une guérison nette du rachitisme fut obtenue, au cours de ces essais, par addition à 100g de régime Randoin-Lecoq, de 0g,50 d'iode ou d'iodure de potassium, de 0g,75 d'iodate de potassium, de 2g d'iodocalcioformine et de 1g d'huile d'œillette iodée. L'iode et l'iodure de potassium furent ensuite utilisés à des doses inférieures échelonnées de 10 en 10cg; une bonne calcification fut alors notée avec 0g,40 d'iode, mais toutes les autres proportions d'iode et d'iodure se montrèrent nettement insuffisantes. Il y a lieu de remarquer que l'iode et l'iodure de potassium (à partir de 1g,50 pour 100) et l'iodate de potassium (à partir de 1g) se révélèrent plus ou moins toxiques pour le rat, entraînant d'abord un ralentissement de la croissance et même, plus ou moins rapidement, une chute de poids et la mort des sujets; les doses actives s'écartaient donc nettement des doses toxiques. Exprimées en iode, les proportions nécessaires et suffisantes des différents produits utilisés pour guérir le rachitisme expérimental étaient approximativement de 0g,40 pour l'iode bisublimé, l'iodure de potassium et l'huile

(²) Mme L. Randoin et R. Lecoq, *C. R. Soc. Biol.*, 97, 1927, p. 1277.

iodée, de $0^g,45$ pour l'iodate de potassium et de $0^g,50$ pour l'iodocalcioformine. Les proportions les plus faibles de phosphore mises en œuvre pour obtenir un résultat comparable étaient de $0^g,08$; les plus fortes atteignaient $0^g,50$.

Conclusions. — 1° L'iode (comme le phosphore, mais le plus souvent à des doses supérieures) exerce une action curative nette sur les lésions osseuses du rat expérimentalement rachitisé.

2° Cette action est obtenue aussi bien avec l'iode pur qu'avec les composés iodés minéraux ou organiques; les doses d'iode utilisées restent, dans tous les cas, assez voisines.

3° La présence d'iode dans une ration constitue une cause d'erreur sensible dans l'estimation de la valeur antirachitique d'un rapport Ca/P déterminé par les méthodes chimiques.

PHYSIOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *Une nouvelle propriété des aliments, la trophophylaxie.* Note de M. **P. Lassablière**, présentée par M. Charles Achard.

On attribuait jusqu'à présent aux aliments des propriétés plastiques ou systatiques, énergétiques, physicochimiques et catalytiques. Nos recherches nous ont amené à leur attribuer un rôle nouveau de défense de l'organisme, d'où le nom de trophophylaxie que nous avons créé pour exprimer cette nouvelle fonction.

Cette propriété nouvelle de l'aliment se manifeste vis-à-vis des infections et des intoxications.

Nous donnerons ici, une première série de preuves expérimentales démontrant la réalité de la trophophylaxie vis-à-vis des accidents toxiques provoqués par le venin de cobra.

Cette protection des animaux intoxiqués et traités exclusivement par une substance alimentaire, se traduit par une augmentation de la survie comparativement aux animaux témoins intoxiqués et non traités.

Nos recherches ont porté sur différents animaux : souris, cobayes, lapins. Dans la première série d'expériences que nous rapportons ici, nous ne ferons mention que de celles ayant porté sur des souris. Les aliments ont été donnés par voie sous-cutanée à la dose de $0^{cm^3},5$ à 1^{cm^3}. Ils étaient donnés soit avant, soit pendant, soit après l'injection sous-cutanée d'une dose mortelle de venin. Toutefois, nous avons obtenu des résultats égale-

ment probants quand les aliments ont été donnés *per os* ou par voie intraveineuse.

Bref, chez les 392 souris ayant reçu une dose mortelle de venin et traitées exclusivement avec les aliments suivants : eau de riz, glucose à 40 pour 100°, vins rouge ou blanc, bière, jus d'orange, lait, huile d'olive, jus de viande crue, sérum de cheval, glycocolle à 1 pour 100, extrait de foie, NaCl à 9 pour 100, 191 ont survécu définitivement. La survie définitive a donc été de 48 pour 100.

Les 201 souris traitées qui n'ont survécu que temporairement ont toujours eu une survie plus longue que les 101 souris témoins, qui sont mortes entre 35 minutes et 1 heure 50 minutes.

Nous pouvons donc conclure que des substances prises parmi les différentes catégories d'aliments (albuminoïdes, hydrates de carbone, graisses, sels minéraux) protègent efficacement contre les accidents toxiques du venin de cobra.

Nous avons fait également la contre-épreuve : en effet, sur des animaux inanitiés, la toxicité du venin de cobra est nettement augmentée (de 2 à 10 fois suivant la durée d'inanition).

De plus, nous avons toute une série d'expériences que nous publierons ultérieurement qui démontrent que la trophophylaxie s'exerce également vis-à-vis de nombreuses substances toxiques (venin de vipère, venin d'abeille, champignons vénéneux, chlorhydrate de choline, oxyde de carbone, etc.).

En résumé, il nous paraît démontré qu'il existe dans les aliments des substances encore indéterminées, que nous proposons d'appeler *trophophylactines*, qui protègent l'organisme contre les intoxications. Ces trophophylactines ne sont pas détruites par la chaleur. En effet, par exemple, le jus d'orange, le vin, chauffés à 100° pendant 10 minutes, possèdent encore leur pouvoir trophophylactique.

Nous poursuivons nos recherches pour tenter d'isoler ces trophophylactines et pour déterminer comment elles agissent : nous avons déjà constaté que certaines (jus de viande) exaltent la phagocytose en augmentant la leucocytose, mais on peut invoquer d'autres mécanismes.

Quoi qu'il en soit, nous pensons que la notion nouvelle de la trophophylaxie que nous introduisons en biologie, peut apporter une lumière nouvelle sur beaucoup de problèmes encore obscurs ayant trait soit à la diététique, soit aux fonctions de défense (phylaxie).

PHYSIOLOGIE. — *Les variations de la teneur en glycogène des huîtres de consommation.* Note de MM. **Henri Bierry**, **Bernard Gouzon** et Mlle **Colette Magnan**, présentée par M. Paul Portier.

La présence de glycogène a été signalée depuis longtemps chez l'huître, mais sa teneur n'a été que rarement précisée. Les données numériques se rapportent seulement à la teneur globale des organismes, et le plus souvent les dosages ont porté sur plusieurs sujets (4 à 6) réunis pour une expérience. De ce fait l'amplitude des écarts entre les quantités de glycogène, présentés chez les divers individus, se trouve diminuée. Enfin on n'a pas tenu compte des variations saisonnières, et la répartition du glycogène dans les divers organes de l'huître n'a pas été envisagée.

Nous avons procédé, au cours des années 1936 et 1937, à un grand nombre de déterminations individuelles sur *Ostrea edulis* et *Gryphea angulata;* les évaluations du glycogène ont porté sur l'hépato-pancréas, les organes génitaux, le muscle adducteur et le manteau de chaque huître, prise en bon état physiologique. On dosait comparativement dans les divers tissus, par des microméthodes précédemment décrites [1], le glycogène sans précipitation préalable par l'alcool et après précipitation par l'alcool; dans ce dernier cas, le glucose provenant de l'hydrolyse du glycogène était évalué par microbertrand et par méthode iodométrique. Trois chiffres étaient ainsi obtenus. La concordance des résultats fournis par les analyses parallèles permet d'affirmer qu'on dosait bien ainsi le glycogène.

Nous donnons ci-après des chiffres indiquant les variations mensuelles de la teneur en glycogène de l'hépato-pancréas et des organes génitaux, chez *Ostrea edulis* et *Gryphea angulata.* Le poids des huîtres utilisées, séparées de leur coquille, était de 7 à 8^g (huîtres plates) et 12 à 14^g (huîtres portugaises).

---

(1) *C. R. Soc. Biol.*, 121, 1936, p. 614 et 616; 122, 1936, p. 4.

Ostrea edulis.

Dates.	Glycogène en °/₀ de poids frais. Hépato-pancréas.	Organes génitaux.
22 octobre...	7,5	12,2
12 novembre.	7,0	14,5
26 novembre.	8,2	15,8
31 novembre.	9,9	17,4
14 décembre.	8,3	15,9
4 janvier....	8,2	14,6
2 février....	8,6	16,0
1er mars....	7,8	14,0
18 mars......	6,7	14,1
6 avril......	6,5	

Gryphea angulata.

Dates.	Glycogène en °/₀ de poids frais. Hépato-pancréas.	Organes génitaux.
18 novembre.	2,12	4,15
3 décembre.	2,8	11,2
7 décembre.	5,4	9,0
17 décembre.	6,7	10,0
21 décembre.	6,0	11,5
7 janvier....	4,6	10,0
4 février....	5,1	9,5
11 février....	4,5	8,3
15 mars......	2,4	7,0
20 avril......	2,5	5,0

On voit que les quantités de glycogène, présentes dans ces organes, sont maxima à la fin de novembre ou au milieu de décembre; elles restent élevées pendant plusieurs mois.

Nous avons constaté en outre que les variations de la teneur en glycogène d'un individu à l'autre, à une même époque, sont beaucoup moins importantes chez *Ostrea edulis* que chez *Gryphea angulata;* chez *Gryphea*, la teneur en glycogène des organes génitaux est relativement basse, quand ceux-ci sont pigmentés de vert.

Le muscle adducteur et le manteau sont pauvres en hydrates de carbone de réserve : dans le muscle le pourcentage varie de 0g,80 à 2g chez les huîtres plates et de 0g,40 à 1g,50 chez les portugaises; dans le manteau de 0g,50 à 1g,50 chez les deux espèces. La teneur maxima est atteinte en décembre.

Les divers tissus présentent les variations suivantes dans leur teneur en eau :

	Organes génitaux (pour 100).	Hépato-pancréas (pour 100).	Muscle adducteur (pour 100).	Manteau (pour 100).
Ostrea edulis..................	70-72	74-76	80-83	85-88
Gryphea angulata.............	77-80	74-78	80-82	84-86

Si l'on rapporte le poids de glycogène, non plus à l'organe frais, mais à l'organe desséché, on constate que ce poids représente parfois jusqu'à 40 pour 100 de l'extrait sec de l'hépatopancréas et 60 pour 100 de l'extrait sec des organes génitaux chez *Ostrea edulis*, et respectivement 27 pour 100 et 40 pour 100 chez *Gryphea angulata*.

En conclusion, les teneurs en glycogène des divers tissus des huîtres sont très différentes; ces teneurs subissent d'autre part d'importantes variations saisonnières.

BIOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *Sur la relation entre* déterminisme sexuel génique *et* sexe. Note de Mme **Véra Dantchakoff**, présentée par M. Maurice Caullery.

Il existe deux sexes : chacun de ces états particuliers de l'organisme est associé à des dynamismes spéciaux dérivant des appareils chromosomiques spéciaux établis dès la fécondation (Mc. Clung, Wilson).

Or la relation entre *sexe* et *constitution spéciale chromosomique* a ses *limitations*. Chez l'Oiseau, l'hétérochromosomie appartient au sexe femelle et l'homochromosomie au sexe mâle, alors que, chez les Mammifères, le mâle est hétérochromosomique et la femelle homochromosomique. De plus, le même organisme, à constitution chromosomique déterminée, peut réaliser d'une part son sexe génétique et d'autre part le sexe opposé. Une relation entre sexe et constitution génique de l'organisme est-elle réelle?

Quelques nouvelles lueurs sur le caractère des activités géniques résultent de mes expériences sur le Poulet et le Cobaye, qui appartiennent à deux classes d'animaux, où l'hétéro-homochromosomie correspond à des sexes différents. La découverte des effets que possède la folliculine sur l'histogénèse sexuelle d'un embryon génétiquement mâle m'a paru, dès l'abord, permettre *de pénétrer un peu plus profondément dans l'énigme du gène* (1).

I. La folliculine, hormone du sexe femelle, hétérochromosomique chez l'Oiseau, évoque, dans l'embryon mâle homochromosomique du poulet, une histogenèse sexuelle, propre au sexe femelle. Plusieurs conséquences en dérivent : *a.* Les ébauches sexuelles se sont montrées *équivalentes* dans les deux sexes. — *b. Diffèrent, dans les deux sexes, les stimuli* qui déterminent l'orientation particulière des ébauches sexuelles. — *c.* L'hormone femelle peut *remplacer* les effets du stimulus naturel femelle. — *d.* Elle les remplace *à un stade précoce*. — *e.* L'embryon mâle, *homochromosomique* chez l'Oiseau, réagit, *à un stade précoce*, à l'introduction de la folliculine, comme un *organisme à déficience hormonale* et ne résiste pas aux effets de l'hormone hétérologue. — *f.* La folliculine, *hormone du sexe hétérochromoso-*

(1) Cf. *Comptes rendus*, 200, 1935, p. 1983.

mique chez l'Oiseau, est *inoffensive*, *à l'état libre*, pour l'embryon des deux sexes chez l'Oiseau. Ses actions histogénétiques sont *électives;* elle stimule, dans l'embryon mâle, des substrats récepteurs, *à des proliférations équilibrées* et aboutit à des effets à caractère *organisé;* elle commande l'édification des gonades et des oviductes.

II. Cette même folliculine, en qualité d'hormone du sexe homochromosomique à l'état libre et à un stade précoce, agit dans l'embryon de cobaye, comme une substance étrangère et toxique et tue l'embryon ([2]). Or l'embryon femelle, ne supportant pas, à un stade précoce, sa propre hormone à l'état libre, ne manque pas à réaliser son histogenèse sexuelle. Si, dans cette histogenèse, la folliculine est un facteur actif, elle devrait agir par un mécanisme intracellulaire.

Les embryons *homochromosomiques* (mâle chez l'Oiseau et femelle chez les Mammifères) semblent pouvoir, *à un stade précoce*, accomplir leur histogenèse *sans libération hormonale*.

Le même corps chimique, la folliculine, à un stade embryonnaire précoce, déploie des actions très différentes (progressives ou toxiques) et ces effets particuliers sont en corrélation avec une constitution spéciale des chromosomes sexuels de l'embryon.

Déficience en hormones sexuelles à un stade embryonnaire précoce d'une part, production et libération précoce d'une hormone sexuelle, à caractères progressifs histogénétiques de l'autre, sont-elles des images fidèles d'une constitution chromosomique spéciale? Une série de conséquences serait à prévoir, s'il en était ainsi : *a*. Si l'embryon femelle, homochromosomique du cobaye, était, à un stade précoce, déficient en hormones sexuelles, il *devrait se montrer réceptif pour l'hormone du sexe opposé mâle*. — *b*. Si l'hormone mâle, dans l'embryon hétérochromosomique du cobaye, était normalement produite et libérée à un stade précoce, l'introduction de cette hormone dans un jeune embryon homochromosomique femelle devrait pouvoir évoquer les effets propres à cette hormone. — *c*. Or, si cette même hormone mâle dans l'embryon du poulet faisait défaut à un stade précoce, elle pourrait (ne devrait pas) dans cet embryon non accoutumé à ce corps chimique évoquer des effets moins électifs et même toxiques.

Voici les réponses que donnent les expériences.

III. *a*. L'embryon *homochromosomique femelle* du cobaye ne résiste

([2]) *Comptes rendus*, 202, 1936, p. 2179.

pas, en effet, à l'hormone mâle ([3]) et se comporte comme un organisme *déficient en hormones sexuelles*. — *b*. L'hormone mâle, qui est, chez les Mammifères, *l'hormone du sexe hétérochromosomique*, se montre, en effet, *dominante* dans l'histogenèse sexuelle : élective dans ces effets, elle évoque des proliférations coordonnées dans un groupe d'ébauches sexuelles et aboutit à l'édification d'un groupe d'organes sexuels mâles (épididyme, *vas deferens*, vésicules séminales, prostate, urètre à structure mâle).

IV. *c*. Or, cette même hormone *mâle*, en qualité d'*hormone du sexe homochromosomique*, agit sur l'embryon de poulet d'une manière *moins élective :* à un stade précoce, elle se montre toxique dans les deux sexes et, à une dose élevée, elle détermine un œdème général. (Plus tard, sont révélées des inhibitions et des stimulations, propres à cette hormone.)

Conclusions. — L'avantage, dans la production d'une *hormone sexuelle à effets progressifs*, appartient à l'embryon de *constitution hétérochromosomique :* femelle chez l'Oiseau et mâle chez les Mammifères. L'entrée précoce en action de cette hormone, sa production en excès et sa libération extracellulaire précoce sont l'apanage de l'organisme hétérochromosomique. Par contre, un mode particulier de différenciation sexuelle, *sans libération extracellulaire d'hormones sexuelles*, s'observe dans l'*embryon homochromosomique à un stade précoce*. Celui-ci, de ce fait, est *réceptif* aux actions de *l'hormone sexuelle hétérologue*.

BIOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *Résultats de la fécondation, par un mâle d'Algérie, de femelles parthénogénétiques françaises du* Bacillus rossii *Rossi* (Phasmidæ). Note ([1]) de MM. **Maurice Favrelle** et **Georges de Vichet**, présentée par M. M. Caullery.

L'élevage, poursuivi pendant plusieurs années, de *Bacillus rossii* d'origine française a été purement parthénogénétique et thélytoque ([2]). Le 20 mars 1935, à cinq femelles de cette lignée était adjoint un mâle provenant des environs d'Alger. L'accouplement a été constaté et sa réalité manifestée

([3]) *C. R. Soc. Biol.*, 123, 1936, p. 873.

([1]) Séance du 14 juin 1937.

([2]) Cappe de Baillon, Favrelle et de Vichet, *Bull. Biol. France et Belgique*, 71, 1937, p. 129-189.

par la présence de spermatophores verdâtres annexés à la vulve des femelles.

Quatre cent trente-trois œufs furent pondus avant la mort du mâle, puis deux cent quinze autres. Parmi les individus qui provinrent de cette ponte et dont l'élevage a été poursuivi à une température d'environ 20°, apparurent 25 mâles typiques; aucun intersexué n'a été observé. Un certain nombre de larves eurent un développement beaucoup plus lent que les autres : alors que les premiers adultes, provenant d'œufs éclos à partir du 10 février 1936, étaient obtenus, les mâles en juin, les femelles en juillet 1936, d'autres larves, écloses en mars-avril 1936, n'attinrent le stade imago qu'un an après, en mars (mâles) et en avril-mai (femelles) 1937. Les adultes des deux catégories sont de même constitution, mais la taille des seconds est légèrement supérieure (mâles : 79^{mm}; femelles : 90^{mm}).

Pour l'étude de la seconde génération, un couple formé par les premiers adultes de 1936 a été isolé; il a fourni 290 œufs. Les éclosions, qui commencèrent 82 jours après le début de la ponte, ont donné 88 pour 100 de larves, avec un léger excès de mâles (15/13).

Au cours des deux générations, la formule chromosomique des femelles est demeurée la même (38 chromosomes) que dans la race parthénogénétique française ([2]). Chez les mâles, on retrouve les 34 autosomes, dont deux seulement courbés en U; l'hétérochromosome, impair, est simple et, comme d'ordinaire chez les *Phasmidæ*, il reste indivis à la première mitose de maturation.

Un couple de *Bacillus* d'origine algérienne, élevé par comparaison, a donné, dans les mêmes conditions, 282 œufs; les premières larves sont écloses 78 jours après la ponte. Le taux des éclosions a été de 91 pour 100; la proportion de mâles obtenus est de 47 pour 100 ([3]). Les garnitures chromosomiques sont les mêmes que dans le cas précédent.

Il n'y a donc pas isolement sexuel des femelles parthénogénétiques françaises de *Bacillus rossii* vis-à-vis des mâles algériens. Le croisement est effectif; il met fin dès la première génération, à la thélytocie exclusive. Dans la descendance, le taux d'éclosions et la proportion des sexes sont comparables à ceux des *Bacillus* bisexués d'Alger.

([3]) Dans les deux élevages, les mâles restent souvent fixés par les cerques, à la femelle, après l'accouplement. Cette fixation, toute externe, n'empêchant pas la ponte, s'est prolongée, dans un cas, durant un mois et demi; après ce temps, la femelle est morte, la région préoperculaire nécrosée.

CHIMIE PHYSIQUE BIOLOGIQUE. — *Étude rœntgénographique d'une protéine intracellulaire*. Note de MM. **Georges Champetier** et **Emmanuel Fauré-Frémiet**, transmise par M. Georges Urbain.

L'ascaridine est une protéine intracellulaire qui apparaît sous forme de granulations réfringentes dans le cytoplasme des cellules sexuelles mâles de l'Ascaris du Cheval (1); elle est soluble dans l'eau à la température de 50° à 51° et précipitable par refroidissement; cette propriété permet de l'isoler et de la purifier.

De nouvelles recherches (2) ont montré que la température de dispersion de l'ascaridine ne dépend pas de la concentration de cette protéine, tandis qu'elle varie sous l'action des sels qui peuvent modifier son état d'hydratation. Cette particularité permet de comparer la température de dispersion de l'ascaridine à une température critique telle que la température de transformation de quelques protéines fibreuses (collagène, élastoïdine).

On sait que la transformation thermique de ces dernières substances comporte une modification réversible de leurs propriétés optiques et élastiques (3) liée au passage réversible de l'état semi-cristallin à l'état amorphe (4); ce fait permet de comparer, avec K.-H. Meyer, la température à un point de fusion de l'édifice cristallin caractéristique de la structure fibreuse normale, et la question se pose de savoir si cette interprétation peut être étendue au cas d'une protéine non fibreuse telle que l'ascaridine. L'étude rœntgénographique de cette dernière substance a porté d'abord sur les globules d'ascaridine purifiée par précipitations successives, utilisés soit à l'état de poudre sèche épuisée au préalable par l'alcool et par l'éther, soit à l'état de pâte humide.

Le diagramme donné par la poudre sèche montre deux cercles relativement nets, correspondant à des équidistances de 10 Å et de 4,6 Å; le cercle externe est entouré lui-même d'un halos diffus. Les globules d'ascaridine,

---

(1) E. Fauré-Frémiet, *C. R. Ass. Anat.*, 13e Réunion, 1911, p. 74; *C. R. Soc. de Biol.*, 74, 1913, p. 1407; *Arch. d'Anat. Microsc.*, 15, 1913, p. 435.

(2) E. Fauré-Frémiet et J. Filhol, *Jour. Chim. Phys.*, 1937 (sous presse).

(3) E. Fauré-Frémiet, *Arch. d'Anat. Microsc.*, 32, 1936, p. 249; *Journ. de Chim. Phys.*, 33, 1936, p. 681; *Journ. de Chim. Phys.*, 34, 1937 p. 125; E. Fauré-Frémiet et R. Woelfflin, *Journ. de Chim. Phys.*, 33, 1936, p. 665, 695 et 801.

(4) G. Champetier et E. Fauré-Frémiet, *Journ. de Chim. Phys.*, 34, 1937, p. 197.

tels qu'on peut les observer soit *in situ* dans le cytoplasme cellulaire, soit *in vitro* après précipitation de leur solution refroidie, sont isotropes; mais le diagramme de rayons X donné par cette substance en poudre sèche, montre qu'elle possède une structure semi-cristalline.

L'examen rœntgénographique de l'ascaridine fraichement précipitée et encore imbibée d'eau, confirme ce résultat, mais le diagramme accuse un nouveau détail : le halo externe très diffus se résout en un cercle relativement net; les équidistances mesurées correspondent à 10 Å, 4,7 Å et 3,6 Å. En laissant sécher cette préparation, on retrouve progressivement le premier diagramme, car le cercle externe s'estompe peu à peu.

Imbibée avec de la formamide en quantité juste suffisante pour former une pâte sans dissoudre la protéine, l'ascaridine donne un diagramme tout à fait comparable à celui obtenu en présence d'eau, avec les équidistances correspondant à 10 Å, 4,5 Å et $3{,}6_8$ Å.

L'ascaridine solide, qu'elle soit sèche ou imbibée, présente donc une structure semi-cristalline. L'hypothèse avancée plus haut nécessitait alors un examen rœntgénographique effectué au moment de la dissolution; les difficultés pratiques d'un tel examen ont été tournées de la manière suivante : Au moment où l'ascaridine se précipite de sa solution encore chaude, à une température légèrement inférieure à la température de dissolution, les globules formés sont apparemment à l'état semi-fluide; sous l'action d'un écrasement ou d'une forte centrifugation, ils peuvent confluer en donnant une masse visqueuse, qui prend après dessication un aspect vitreux caractéristique. Le diagramme donné par l'ascaridine vitreuse ainsi obtenue accuse un état amorphe, le grand cercle semi-cristallin étant effacé et remplacé par un anneau diffus; les équidistances moyennes observées restent cependant du même ordre : 10 Å et $4{,}7_8$ Å.

Il existerait donc un état amorphe de l'ascaridine en rapport avec la dissolution de cette substance, et l'on peut admettre que celle-ci se précipite sous forme de gouttes semi-fluides qui subissent ultérieurement et progressivement une cristallisation partielle.

Ajoutons que l'on peut, à partir de l'élastoïdine amorphe obtenue par centrifugation à chaud, étirer des fils dont la biréfringence positive, très nette par rapport à l'axe, laisse supposer l'existence de particules allongées orientées parallèlement sous l'effet de l'étirement. Ces fils, très instables, n'ont pu être utilisés pour un examen rœntgénographique.

Les diagrammes donnés par l'ascaridine à l'état semi-cristallin suggèrent quelques remarques; l'aspect assez large des anneaux de diffraction doit

être probablement rapporté à des déformations importantes des plans réticulaires. D'autre part, les différences observées entre les diagrammes de l'ascaridine sèche et de l'ascaridine imbibée, indiquent que la pénétration du liquide d'imbibition entre les chaînes polypeptidiques, ou peut-être sa fixation sur certains groupements, assure une meilleure définition de certains plans réticulaires. De toutes manières, le cercle externe des diagrammes d'ascaridine imbibée ne saurait être confondu ni avec le cercle amorphe de l'eau (correspondant à une équidistance moyenne de 3,25 Å) ni avec celui de la formamide (équidistance moyenne de 3,5 Å).

Des résultats analogues sont connus dans le cas de l'amidon (Katz et Derksen) et dans celui de quelques protéines cristallisées, la pepsine par exemple (J. D. Bernal et D. Crowfoot, Astbury).

MICROBIOLOGIE. — *Virus lymphogranulomateux et néoplasme.* Note (1) de Mlle **Rachel Schoen**, présentée par M. Félix Mesnil.

On sait que certains ultravirus cultivent *in vivo* dans des cellules tumorales des animaux réceptifs (Levaditi et ses collaborateurs). Dans la présente Note, nous apportons les résultats de nos recherches concernant l'affinité du virus de la maladie de Nicolas et Favre pour les néoplasmes. Ces expériences ont porté sur le sarcome de la souris (souche d'Ehrlich), tumeur aisément greffable et d'une évolution rapide, et le virus lymphogranulomateux adapté aux souris.

Des souris, greffées par voie sous-cutanée avec le sarcome, sont infectées, au même moment, avec le virus lymphogranulomateux, par voie transcranienne. Les animaux sont sacrifiés du douzième au quinzième jour. On recherche, d'une part, la présence du virus dans le néoplasme, par inoculation à des animaux réceptifs, et, d'autre part, le pouvoir prolifératif des cellules tumorales contaminées.

Pour évaluer la virulence lymphogranulomateuse de la tumeur, nous avons utilisé, comparativement, deux techniques. La première consiste à injecter directement, à des souris-test, par voie intracérébrale, le liquide surnageant d'une émulsion tumorale préalablement centrifugée; la deuxième comporte l'inoculation de la tumeur dans la région inguinale de

(1) Séance du 14 juin 1937.

cobayes. Ces cobayes présentent de la périadénite 10 à 12 jours après l'infection. Le tissu ganglionnaire broyé est inoculé à des souris par voie névraxique. Les souris-test, infectées d'après l'une ou l'autre des techniques, sont sacrifiées 8 à 10 jours après l'inoculation. Le résultat de l'injection est précisé par examen histologique du système nerveux.

Or, quelles que soient les conditions expérimentales, nous avons constamment mis en évidence la présence du virus lymphogranulomateux dans les cellules tumorales *au cours de nombreux passages successifs* (7). La richesse en germes du néoplasme est manifestement plus considérable que celle du système nerveux central des souris infectées par voie transcranienne. En effet, le virus tumoral donne des résultats constamment positifs à la dilution d'au moins 1:1000, alors que la virulence des dilutions plus faibles de virus cérébral (1:10 et 1:20) se révèle variable et inconstante. En outre, la tumeur persiste à être virulente après lavage à l'eau physiologique et centrifugations réitérées. La faculté proliférative des néoplasmes contaminés *in vivo* reste intacte, les greffes chez des souris neuves se développant normalement.

A l'examen microscopique, la tumeur présente l'aspect habituel : zones parfaitement conservées avec mitoses abondantes, et d'autres nécrosées.

Nous avons égalemment recherché la dispersion du virus chez des animaux greffés par voie sous-cutanée avec des tumeurs virulentes. Le sang, la rate et les ganglions lymphatiques se sont révélés virulents à certaines périodes de l'infection, alors que, dans les mêmes conditions, le névraxe a fourni des résultats négatifs. Ajoutons que l'antigène type Frei, préparé avec des néoplasmes contaminés, a donné une intradermo-réaction fortement positive (contrôle fait par M. Durel).

CONCLUSION. — *Le virus lymphogranulomateux se localise dans les cellules sarcomateuses des Souris, où il se développe abondamment. Cette pullulation du germe ne diminue pas la faculté proliférative de la tumeur.*

PATHOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *Action de la stérilisation et de quelques modes de conservation sur le pouvoir antiscorbutique du jus de citron.* Note de MM. **Georges Mouriquand**, **Henri Tête**, **Georges Wenger** et **Paul Viennois**, présentée par M. Charles Achard.

Le jus de citron est considéré généralement comme un des aliments frais doué du plus haut pouvoir antiscorbutique. Il est de ce fait fréquemment introduit dans le régime des nourrissons soumis à un régime carencé (laits

stérilisés, conservés, etc.). Jusqu'à ces derniers temps, les doses préconisées contre la carence alimentaire ont été généralement faibles : une ou deux cuillerées à café par jour pour un enfant de 4 à 6^{kg} par exemple.

L'expérimentation semble avoir permis d'apprécier dans une certaine mesure, du point de vue biologique tout au moins, l'activité antiscorbutique de ce jus de citron.

Les expériences de Lesné, Mme Randoin, Mouriquand et Michel, etc. avaient indiqué qu'il était possible de soustraire à l'action du régime scorbutigène des cobayes de 250^{g} environ, en ajoutant à ce régime 3$^{cm^3}$ de jus de citron cru.

Nous avons cru devoir reprendre ces expériences en les poursuivant beaucoup plus longtemps que nous l'avions fait précédemment. Nous nous sommes rendus compte que 3$^{cm^3}$ de jus de citron protègent bien en effet des cobayes de 250 à 300^{g} pendant un certain temps : 25 ou 30 jours. Si l'on arrête l'expérience à ce moment, on accepte l'idée que cette quantité est bien la dose antiscorbutique, nécessaire à ces organismes. Mais si l'on poursuit l'expérience au delà du 30e jour, on constate généralement deux faits :

1° La nutrition de l'animal reste normale, ou voisine de la normale (courbe pondérale en ascension).

2° Vers le 30e ou 35e jour apparaissent au niveau des genoux et des régions fémorales des hémorragies musculaires scorbutiques. Ces hémorragies (avec parfois mélange d'œdème), paraissent d'autant plus importantes que la nutrition générale de l'animal reste meilleure. Il s'agit là, comme nous l'avons ailleurs indiqué, d'une véritable *carence eutrophique* (1) qui peut évoluer pendant des mois et aboutir, comme nous l'avons antérieurement signalé (2), à des lésions ostéo-musculaires chroniques.

Ce fait étant acquis, nous nous sommes demandés quelle était la dose de jus de citron capable (au moins jusqu'au 100e jour) d'écarter toutes manifestations scorbutiques, même sous la forme eutrophique. Dans nos cas, cette dose convenable a été de 5$^{cm^3}$ de jus de citron cru pressé quotidiennement. Nous avons étudié 1° la stérilisation; 2° les divers modes de conservation sur l'activité antiscorbutique de ce jus de citron.

(1) G. Mouriquand, H. Tête, G. Wenger et P. Viennois, *Bulletin de l'Académie de Médecine*, **117**, xv, 1937, p. 447.

(2) G. Mouriquand, H. Tête, G. Wenger, et P. Viennois, *Comptes rendus*, **204**, 1937, p. 921.

1° *Stérilisation.* — Le jus de citron, quotidiennement pressé et immédiatement stérilisé et consommé entraîne à la dose de 3^{cm^3} les mêmes manifestations de carence eutrophique de 3^{cm^3} de jus de citron cru frais, 5^{cm^3} de jus de citron quotidiennement pressé et stérilisé protègent exactement comme 5^{cm^3} de jus de citron cru quotidiennement pressé, la nutrition des cobayes contre le scorbut.

Il résulte de ces faits que la stérilisation fraîche avec consommation immédiate du jus de citron fait perdre peu ou pas à celui-ci son pouvoir antiscorbutique.

2° *Conservation.* — Le jus de citron cru, aussi bien que le jus de citron stérilisé, conservé sans précautions particulières, dans un flacon à large ouverture perdent l'un et l'autre rapidement leur pouvoir antiscorbutique. La perte de ce pouvoir permet (notamment avec des doses de 3^{cm^3}) l'apparition de phénomènes scorbutiques relativement précoces (25e ou 30e jour) et le développement d'une dystrophie générale avec mort le 55e ou 60e jour environ. Par contre, si ce jus de citron cru ou stérilisé 1 heure et demie à 120° est conservé *sous azote*, il ne perd pratiquement pas son pouvoir antiscorbutique puisque l'un et l'autre de ces jus permettent d'obtenir avec 3^{cm^3} une carence eutrophique et avec 5^{cm^3} une protection contre le scorbut (au moins jusqu'au 100e jour) comparable à ceux obtenus avec le jus de citron cru ou stérilisé (fraîchement).

Le *dosage* pratiqué dans ces divers jus de citron crus fraîchement stérilisés, conservés à l'air ou sous l'azote, nous a permis d'établir que l'indice d'iode apprécié en acide ascorbique est : 1° pour le jus de citron fraîchement pressé, de 75^{mg} pour 100^{cm^3} de jus ; 2° pour le jus de citron fraîchement pressé et stérilisé, de 70^{mg} pour 100^{cm^3} de jus ; 3° pour le jus de citron cru ou stérilisé, conservé à l'air, au bout de 8 jours de $55^{mg},5$, au bout de 15 jours de $25^{mg},3$, au bout de 20 jours de $10^{mg},4$; 4° pour les jus de citron crus ou stérilisés, conservés sous l'azote, de $70^{mg},4$ au 70e jour.

En résumé, la dose d'acide ascorbique fournie par 5^{cm^3} de jus de citron cru, fraîchement stérilisé ou conservé sous azote, est douée d'un pouvoir antiscorbutique suffisant pour empêcher l'évolution du scorbut du cobaye pendant au moins 100 jours. La stérilisation fraîche n'atténue pas ce pouvoir, pas plus que la stérilisation ou conservation prolongée sous azote. Au contraire, la conservation au contact de l'air entraîne, de par les phénomènes d'oxydation qu'elle permet, une baisse rapide du pouvoir antiscorbutique du jus de citron, d'ailleurs parallèle à la baisse du coefficient d'oxydoréduction apprécié en acide ascorbique.

Ces faits expérimentaux devront être retenus par la thérapeutique clinique.

CHIMIOTHÉRAPIE. — *Action antistreptococcique de certains dérivés sulfurés organiques.* Note de M. **Pierre Gley**, présentée par M. Louis Lapicque.

G. A. H. Buttle, D. Stephenson, S. Smith, T. Dewing et G. D. Foster viennent de faire connaître que la 4-4′-dinitro-diphényl-sulfone et la 4-4′-diamino-diphényl-sulfone possèdent une action thérapeutique contre l'infection streptococcique de la souris ([1]). E. Fourneau, J. Tréfouël, F. Nitti, D. Bovet et Mme J. Tréfouël ont observé également le fait pour le premier de ces corps, et montré en outre que le 4-4′-dinitro-diphényl-sulfure et le 4-4′-dinitro-diphényl-disulfure présentent la même propriété ([2]).

Ainsi donc, à la liste déjà longue des composés organiques doués d'action antistreptococcique et connus jusqu'à présent, s'ajoutent plusieurs nouveaux corps. Ceux-ci offrent un intérêt spécial, du fait que le soufre qu'ils contiennent n'est pas à l'état de fonction sulfonamide, comme dans ceux précédemment décrits, mais sous la forme de fonction sulfone ou sulfure substituée.

Dans un ordre d'idée analogue, nous avions à l'étude depuis six mois les termes de réduction de l'acide sulfanilique, c'est-à-dire l'acide sulfinique et le thiophénol correspondants. Nos expériences ont été réalisées avec l'acide *p*-acétyl-amino-benzène-sulfinique et avec le *p*-acétyl-amino-thiophénol. Ces corps ont été administrés par voie d'injection sous-cutanée, à la dose de 2mg,5, plusieurs fois répétée. Les souris étaient inoculées par injection intra-péritonéale d'une souche virulente de streptocoques. Les expériences comportaient toujours trois groupes de 10 souris, celles du premier groupe recevant le corps à étudier, celles du deuxième recevant des injections de carboxy-sulfamido-chrysoïdine ([3]) et celles du troisième servant de témoins. Les essais auxquels nous avons procédé nous permettent de présenter les faits suivants :

([1]) *Lancet*, **232**, 1937, p. 1331.
([2]) *Comptes rendus*, **204**, 1937, p. 1763.
([3]) P. Gley et A. Girard, *Presse médicale*, **44**, n° **91**, 1936, p. 1775.

1° L'acide *p*-acétyl-amino-benzène-sulfinique présente une certaine action anti-streptococcique, inférieure toutefois à celle de la carboxy-sulfamido-chrysoïdine; le tableau suivant résume la marche d'une expérience réalisée avec ce corps, en comparaison avec la carboxy-sulfamido-chrysoïdine. Les signes V représentent les souris vivantes et les signes + celles qui sont mortes d'infection.

Dates (janvier 1937).	Témoins.	Acide *p*-acétylamino-benzène-sulfinique.	Carboxy-sulfamido-chrysoïdine.
7...	Inoculation	—	—
8...	V V V V V V V V V V	V V V V V V V V V V	V V V V V V V V V V
9...	+ + + + V V V V V V	V V V V V V V V V V	V V V V V V V V V V
10...	+ + + + + + + + V V	+ + + + V V V V V V	+ V V V V V V V V V
11...	+ + + + + + + + + +	+ + + + + + + V V V	+ V V V V V V V V V
12...	+ + + + + + + + + +	+ + + + + + + + + V	+ + + V V V V V V V
13...	+ + + + + + + + + +	+ + + + + + + + + +	+ + + + + V V V V V
14...	+ + + + + + + + + +	+ + + + + + + + + +	+ + + + + V V V V V

2° Le *p*-acétylaminothiophénol présente une action antistreptococcique à peu près équivalente, à poids égal, à celle de la carboxy-sulfamido-chrysoïdine. De plusieurs essais, réalisés avec des inoculations trop fortes, nous avons observé seulement un retard dans l'évolution de l'infection expérimentale, retard égal à celui produit par la carboxy-sulfamido-chrysoïdine.

Il résulte de ces faits, comme de ceux observés par Buttle et par Fourneau, que le pouvoir thérapeutique antistreptococcique n'est pas une propriété exclusive des corps possédant la fonction sulfonamide, mais qu'il existe aussi dans des corps qui contiennent du soufre sous une autre forme.

A 15h40m l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à 16h15m.

A. Lx.



ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 28 JUIN 1937.

PRÉSIDENCE DE M. EMMANUEL LECLAINCHE.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Président** souhaite la bienvenue à M. **Pieter Zeeman**, Professeur de l'Université d'Amsterdam, Associé étranger de l'Académie, qui assiste à la séance.

LITHOLOGIE. — *Sur un nouveau type basaltique, forme d'épanchement d'une norite et comparable, au point de vue chimicominéralogique, aux météorites feldspathiques.* Note de M. **Alfred Lacroix**.

L'étude des épanchements volcaniques du pays Sakalava, dans l'ouest et le sud-ouest de Madagascar, m'a conduit (1) à distinguer, sous le nom de *sakalavite*, des laves noires, riches en silice libre pouvant être considérées comme représentant le groupe mésocrate, c'est-à-dire basaltique, des dacites. Dans ces épanchements, la silice libre reste à l'état potentiel, mais elle cristallise à l'état de quartz indépendant, ou faisant partie de micropegmatite, dans les espaces intersertaux des formes doléritiques, intrusives, de même composition chimique, du même magma. La composition chimique de telles roches est représentée par la formule magmatique $p.q.r.s = \mathrm{III}.4.3 - 4.4$, mais il existe des cas plus fréquents encore, où, la teneur en silice libre étant moindre, le paramètre q devient $4'$, $4(5)$, $(4)5$. ou $'5$; la roche n'est plus alors qu'un *basalte* α, fournissant toutes les étapes vers les basaltes, dont la silice est entièrement saturée ($q = 5$).

(1) *Minéralogie de Madagascar,* 3, 1923, p. 15.

Dans les sakalavites et les basaltes α de cette vaste région malgache existent des types normaux de ces diverses roches, dont la composition minéralogique est sensiblement celle déduite des analyses chimiques, à la silice libre près, puisqu'on vient de voir qu'elle n'est pas exprimée minéralogiquement, mais il en existe d'autres renfermant de l'*olivine réactionnelle*.

C'est aux basaltes α de la région Sakalava qu'appartient la roche qui fait l'objet de cette Note; je ne lui connais pas d'équivalent, non seulement à Madagascar, mais ailleurs, et elle mérite une discussion. Je l'ai rencontrée dans une collection que je dois à M. Decary; il l'a recueillie au Mont Tongobory, près Andrafiavelo, dans la province de Maintirano. Elle y constitue une coulée, à débit columnaire :

L'aspect est celui d'un basalte aphyrique, sous cette réserve que, dans une pâte noire, finement cristalline, se voient quelques phénocristaux ne dépassant guère 1^{mm} de plus grande dimension. Au microscope, ces phénocristaux se montrent formés par de la bronzite et des plagioclases.

La *bronzite* constitue des cristaux squelettiformes, creusés de fjords et de cavités sans communication avec l'extérieur; les uns et les autres sont limités, comme la périphérie des cristaux, par des faces planes, il ne s'agit pas de cavités de corrosion, mais d'une structure originelle due à une cristallisation trop rapide pour avoir permis la production d'un cristal homogène. Le magma, riche en microlites, remplit tous ces accidents de structure.

Les phénocristaux de plagioclases sont automorphes, correspondant à une bytownite (72 pour 100 d'anorthite), parfois cerclée d'andésine (40 pour 100 d'anorthite). Certains d'entre eux sont limpides, d'autres possèdent une structure en écumoire, due à une quantité considérable de grosses inclusions vitreuses et de cristallites pyroxéniques.

Ces deux minéraux forment, çà et là, des agglomérations gloméroporphyriques, à structure parfois ophitique; ils sont distribués au milieu de longues baguettes de bronzite, d'un pyroxène monoclinique et de sections allongées des microlites de bytownite (70 pour 100 d'anorthite).

Les baguettes de bronzite, de dimensions variées, sont souvent plus biréfringentes à leur extrémité qu'à leur centre, par suite de petites variations de composition chimique. Pour des raisons qui sont indiquées plus loin, je considère le pyroxène monoclinique comme appartenant à une *pigeonite;* sa biréfringence n'est pas grande, ses microlites sont extrêmement allongés, formant quelquefois à la bronzite de longues antennes orientées sur elle, ou bien une étroite enveloppe.

Ces divers silicates ont des contours nets, grâce à la présence d'un fond originellement vitreux, aujourd'hui plus ou moins opaque, mais, dans les plaques très minces, il se résout en une masse enfumée par la magnétite noyée dans de longs cristallites feldspathiques et de pittoresques guirlandes de cristallites pyroxéniques. Par places,

ce fond cristallitique forme de petits nodules dans les parties plus cristallines de la roche.

Toutes ces particularités structurales décèlent un refroidissement assez rapide et il serait intéressant de les suivre dans une série d'échantillons prélevés en divers points de la coulée.

SiO^2	53,74	SiO^2 libre	7,56
Al^2O^3	15,97	Or	6,12
Fe^2O^3	0,11	Ab	18,34
FeO	9,32	An	30,86
MnO	0,20	$CaSiO^3$	2,90
MgO	5,63	$MgSiO^3$	14,10
CaO	7,92	$FeSiO^3$	13,99
Na^2O	2,20	Ma	0,23
K^2O	0,97	Ilm	3,80
TiO^2	2,00	Calcite	0,50
P^2O^5	0,04	An $^0/_0$	62
H^2O (+)	1,14	Σb	35,0
H^2O (−)	0,48		
CO^2	0,22		
Total	99,94		

L'analyse donnée ci-dessus conduit, pour les paramètres basés sur les conpholites, à la formule II(III).(4)5.4.4., c'est-à-dire à celle d'un *basalte bytownitique* α, renfermant 7,56 pour 100 de silice libre. Elle n'offre donc rien de spécial à ce point de vue, mais il n'en va pas de même quand on considère la formule $h.k.l.m = [1(2).1.1'.1.]$, déduite des barylites; $h = 1(2)$ signifie qu'il existe peu de minerais, $k = 1$, pas d'olivine, $l = 1'$, très peu de pyroxène calcomagnésien et par contre beaucoup de pyroxène rhombique. La comparaison de la teneur en $CaSiO^3$ fournie par l'analyse et la proportion de pyroxène monoclinique décelée par le microscope montre qu'il s'agit d'une *pigeonite*, très magnésienne; enfin $m = 1$ prouve que ce pyroxène est pauvre en fer.

L'importance principale réside de la valeur de l; elle n'a été rencontrée dans aucun des basaltes connus jusqu'ici; elle range notre roche dans les tyes magnésiens (norites-allivalites) de la famille des plagioclasolites de mon système lithologique (2). Je rappellerais que dans celui-ci, je me suis attaché à établir les divisions sur des caractères minéralogiques symptomatiques d'une composition chimique bien définie; c'est ainsi que les

(2) *Bull. Serv. géol. Indochine*, Hanoï, 20, fasc. 3, 1933, p. 33.

norites sont caractérisées par l'existence seule ou presque seule suivant la teneur totale en silice parmi les barylites d'un pyroxène magnésien, l'allivalite, par celle d'olivine, à l'exclusion de quantités notables de pyroxène calcomagnésien. Ce sont donc des roches ne possédant que très peu ou pas de chaux non feldspathisable. L'usage courant d'appeler norites les gabbros riches en bronzite ou hypersthène enlève toute signification à ce terme.

Les norites de mon système ont donc pour paramètres $l = 1$, alors que, dans les gabbros, avec ou sans hypersthène, cette valeur est 2 ou 3. Le groupe holomélanocrate des norites est formé par les *bronzitites*, dont les paramètres sont (IV-V.1.1.1). Ces diverses roches sont toutes intrusives et on ne leur connaissait pas jusqu'ici de forme d'épanchement, pas plus qu'on n'en connaît aux dunites (V.1.5.1.1).

Il est donc important de montrer, par l'exemple du *basalte noritique à hypersthène* du Tongobory, que ce groupe feldspathique peut résulter de la consolidation d'un magma fondu épanché. A la vérité il existe quelques sakalavites très riches en pyroxène rhombique : *boninite* d'Anishima (île Bonin, Ogosawata) [III.4.(3) 4.4] [1 (2).1.'2.2]; *miharaite*, Oshima (Japon) [II (III).4 (5).4 (5).4'] [1 (2).1.'2.3'], *sakalavite* de Tambot (Annam) II (III).4 (5).4.4 (5) [(I) II.1.'2.3.]; il en est de même pour quelques basaltes à bronzite ou hypersthène de Madagascar (rivière Beovitra; sud de Makobo, etc.), mais ces roches renferment une quantité notable de pyroxène calcomagnésien et la valeur de l les place dans la série gabbroïque.

A l'inverse de ce qui s'observe dans ces laves terrestres, on trouve parmi les météorites feldspathiques de grandes analogies avec la lave qui fait l'objet de cette Note, je veux dire les *howardites* et les *eucrites* (3) et notamment dans celle du Teilleul (Manche) IV.5.5.0[p.1.1.(2)3.], de Francfort, IV.5.(4)5.0[1.1.1'.2], de Binda IV.5.'5.0[1.1.1.2(3)], et de Cachari (Argentine) 'IV.5.5.0[1.1.1(2).3], mais celles-ci sont mélanocrates et la valeur 2 à 3 de leur paramètre m, indique une teneur plus grande en fer des pyroxènes qui se présentent en partie ou en totalité sous forme de pigeonite très ferromagnésienne (4). Quant au plagioclase, il est

(3) A. Lacroix, *Archives du Muséum*, 6e série, I, 1926, p. 15 à 58.

(4) Dans d'autres météorites du même groupe (Bereba, Juvinas, Stanneau, Jonzac, Peramiho, la teneur en chaux non feldspathisable est plus grande, de telle sorte que $l = (1)2$ ou 2 roches sont donc à rapprocher des galbros et non plus des norites. La teneur en fer est plus grande $m = 3$ ou 3(4) le pyroxène n'est plus de la bronzite, mais de l'hyperothène.

plus calcique que dans la roche terrestre, c'est de l'anorthite et non de la bytownite. Il n'est pas sans intérêt, d'ailleurs, de remarquer que toutes les roches qui nous occupent sont pauvres ou très pauvres en alcalis.

M. **Ch. Camichel** fait hommage à l'Académie d'un Ouvrage de M. L. Escande, intitulé *Barrages : calcul des barrages à profil triangulaire, profil optimum de barrage déversoir, tracé aérodynamique des piles*, dont il a écrit la *Préface*.

M. **M. Lugeon** fait hommage à l'Académie, en son nom et en celui de M. Émile Argand, de la feuille 10 de l'*Atlas géologique de la Suisse au* 1/25000e.

NOMINATIONS.

M. **A. Cotton** est désigné pour représenter l'Académie à la célébration du *deuxième centenaire* de la naissance de Louis Galvani à Bologne, dans la seconde moitié du mois d'octobre.

M. **L. Lapicque** est désigné pour représenter l'Académie au *XIe Congrès International de Psychologie*, qui se tiendra à la Sorbonne du 25 au 31 juillet.

M. **L. Guillet** est désigné pour représenter l'Académie au *Congrès des Ingénieurs*, qui se tiendra à Paris du 26 au 29 septembre 1937, à l'occasion de l'Exposition internationale.

ÉLECTIONS.

Par la majorité absolue des suffrages, MM. **H. Deslandres** et **R. Bourgeois** sont réélus Membres du *Conseil de Perfectionnement de l'École Polytechnique* pour l'année scolaire 1937-1938.

CORRESPONDANCE.

CALCUL DES PROBABILITÉS. — *Sur des variables aléatoires arbitrairement liées. Cas de convergence vers la loi de Gauss.* Note ([1]) de Mme **Hilda Geiringer**, présentée par M. Émile Borel.

Soient $p_1, p_2, \ldots, p_n$ les probabilités des événements $E_1, E_2, \ldots, E_n$ *arbitrairement liés*, $p_{ij}, p_{ijk}, \ldots$ les probabilités de la coïncidence de E_i et E_j resp. de E_i et E_j et E_k, etc., enfin $P_n(x)$ la probabilité pour *que x quelconques des n événements se produisent.* Désignons par S_1 la somme des p_i, par S_2 la somme des $p_{i\gamma}$, etc. ($S_0 = 1$). On peut démontrer que $S_\nu\, \nu!$ est le *moment factoriel* $M_n^{(\nu)}$ de $\nu^{\text{ième}}$ ordre de la distribution $P_n(x)$.

La convergence de $P_n(x)$, sous certaines conditions, vers la fonction de Poisson fut établie dans la Note précédente ([2]). Supposons maintenant que la moyenne a_n et la dispersion s_n^2 de la distribution $P_n(x)$ augmentent sans limite pour n infini. Si M_ν désigne l'écart de $\nu^{\text{ième}}$ ordre de $P_n(x)$, le théorème des moments fournit comme condition de convergence vers la loi de Laplace-Gauss

$$(1)\qquad \lim_{n \to \infty} M_\nu s_n^{-\nu} = 1.3.5\ldots(\nu - 1) \quad \text{pour } \nu \text{ pair,}$$
$$= 0 \quad \text{pour } \nu \text{ impair.}$$

Pour traduire ces conditions en conditions à imposer aux sommes des probabilités S_z, nous écrivons

$$(2)\qquad m_z = \frac{M_n^{(z)}}{a_n^z} = \frac{S_z\, z!}{a_n^z} \qquad (m_1 = m_0 = 1),$$

et nous obtenons le résultat qui suit :

Si c est une constante finie et si $\Delta^r m_z$ désigne la $r^{\text{ième}}$ différence des m_z au point $z = 0$, il suffit que, pour $\mu = 0, 1, 2, \ldots,$

$$(3)\qquad \lim_{a_n \to \infty} a_n^{\frac{r}{2}} \Delta^r m_z = \frac{(2\mu)!}{\mu!}\left(\frac{c}{2}\right)^{\mu}, \qquad \text{pour } \nu = 2\mu,$$
$$= \quad 0 \quad , \qquad \text{pour } \nu = 2\mu + 1,$$

([1]) Séance du 14 juin 1937.

([2]) *Comptes rendus*, 204, 1937, p. 1856.

afin que

$$(4)\qquad \lim_{n\to\infty} \sum_{\xi - a_n \leq s_n u} P_n(\xi) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{u} e^{-\frac{x^2}{2}} dx.$$

Notons que $\lim_{n\to\infty} s_n^2/a_n = 1 + c$.

Nous ne citerons que deux exemples.

1. *Jeu de rencontre modifié.* — Une urne contient $n = 2r$ boules, numérotées de 1 à n. On tire une boule après l'autre jusqu'à ce que l'urne soit vidée. Il y a rencontre si l'on sort, au deuxième, quatrième, etc. coup, une boule de numéro pair. $P_n(x)$ désigne la *probabilité de x rencontres sur n tirages*.

Ici l'on a $4a_n = n$, $16 s_n^2 = n(n-1)$ et

$$(5)\qquad m_z = \frac{r(r-1)\ldots(r-z+1)}{r^z} \frac{(2r-2)(2r-4)\ldots(2r-2z+2)}{(2r-1)(2r-2)\ldots(2r-z+1)}.$$

On peut vérifier que les équations (3) subsistent avec $c = -3/4$. La convergence vers la loi de Gauss est ainsi établie.

2. *Problème de partition* (³). — On répartit au hasard k boules sur n places et on demande la probabilité $P_n(k; x)$ *pour qu'il ait x places, occupées chacune de k boules*. On trouve, avec $k/n = \alpha_n$,

$$(6)\qquad m_z = \frac{n!}{(n-z)!\, n^z} \frac{(n\alpha_n - k)^z!}{(n\alpha_n - zk)!} \frac{1}{(n\alpha_n)!^{z-1}} \frac{\left(1 - \frac{z}{n}\right)^{n\alpha_n - kz}}{\left(1 - \frac{1}{n}\right)^{z(n\alpha_n - k)}}.$$

Si k et n tendent vers l'infini, mais α_n vers une limite finie α, on trouve d'abord pour la moyenne a_n

$$(7)\qquad \lim_{n\to\infty} \frac{a_n}{n} = \frac{\alpha^k}{k!} e^{-\alpha} = q.$$

Les conditions (3) étant remplies avec $\lambda = -q[1 + (k-\alpha)^2/\alpha]$, la convergence de $P_n(x)$ vers la Gaussienne dans le sens de (4) sera établie.

(³) R. DE MISÈS, va paraître dans le Volume dédié à M. Romanowsky.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Noyaux du type de Fourier.* Note [1] de M. **Fumimoto Maeda**, présentée par M. Jacques Hadamard.

M. N. Gunther emploie [2] la « fonction moyenne des domaines (ω) »,

$$f(\omega) = \frac{1}{\omega}\int_{(\omega)} f(x)\, dx.$$

Dans la présente Note, je montre qu'en employant, au lieu de ω, la fonction d'ensemble complètement additive

$$\Phi(\omega) = \int_{(\omega)} f(x)\, dx,$$

on peut exprimer les résultats de Gunther sous une forme à la fois plus élégante et plus générale.

Soit $\beta(E)$ une fonction d'ensemble complètement additive et non négative définie, pour chaque ensemble de Borel E dans un espace distancié séparable [3]; et soit $\Phi(E)$ une fonction d'ensembles complètement additive et à valeurs complexes, qui est absolument continue relativement à $\beta(E)$. Quand

$$\int_{\Omega} |D_{\beta(E)}\Phi(a)|^2 d\beta(E) \quad [4]$$

est fini, on dit que $\Phi(E)$ appartient à la classe $\mathcal{L}_2(\beta)$. Cette classe $\mathcal{L}_2(\beta)$ est un espace de Hilbert généralisé avec le produit scalaire

$$(\Phi, \psi) = \int_{\Omega} D_{\beta(E)}\Phi(a)\, \overline{D_{\beta(E)}\psi(a)}\, d\beta(E).$$

Soit $\mathcal{K}(E, E')$ un noyau appartenant à $\mathcal{L}_2(\beta)$, qu'on le considère comme fonction de l'ensemble E ou comme fonction de l'ensemble E'. Si, pour

(1) Séance du 21 juin 1937.

(2) *Comptes rendus*, **204**, 1937, p. 737.

(3) Voir M. Fréchet, *Les espaces abstraits*, 1928, p. 62 et 190, pour les définitions correspondantes.

(4) En général $D_{\beta(E)}\Phi(a)$ représente une fonction de point $f(a)$ telle que

$$\Phi(E) = \int_E f(a)\, d\beta(E).$$

toute fonction d'ensemble $\Phi(E)$ appartenant à $\mathcal{L}_2(\beta)$, la fonction d'ensemble

$$(1) \qquad \psi(E) = \int_\Omega D_{\beta(E')} \mathcal{K}(E, a') D_{\beta(E')} \Phi(a') \, d\beta(E')$$

appartient à $\mathcal{L}_2(\beta)$, et si, en outre, on a

$$(2) \qquad \Phi(E) = \int_\Omega D_{\beta(E')} \mathcal{K}^*(E, a') D_{\beta(E')} \psi(a') \, d\beta(E'),$$

où

$$\mathcal{K}^*(E, E') \equiv \overline{\mathcal{K}(E', E)},$$

alors nous dirons avec Gunther que $\mathcal{K}(E, E')$ est un *noyau du type de Fourier*.

J'ai déjà montré que toute transformation unitaire en $\mathcal{L}_2(\beta)$, s'exprime sous la forme intégrale avec un noyau du type de Fourier $\mathcal{K}(E, E')$ qui vérifie

$$(3) \qquad \int_\Omega D_{\beta(E'')} \mathcal{K}(E, a'') D_{\beta(E'')} \mathcal{K}^*(a'', E') \, d\beta(E'') = \beta(EE'),$$

$$(4) \qquad \int_\Omega D_{\beta(E'')} \mathcal{K}^*(E, a'') D_{\beta(E'')} \mathcal{K}(a'', E') \, d\beta(E'') = \beta(EE').$$

Et inversement, quand $\mathcal{K}(E, E')$ vérifie (3) et (4), alors (1) et (2) représentent des transformations unitaires ([5]).

Soit encore $\mathcal{K}(E, E')$ un noyau du type de Fourier et soit $T_\mathcal{K}$ la transformation (1). Puisque $T_\mathcal{K}$ est défini sur $\mathcal{L}_2(\beta)$, $T_{\mathcal{K}^*}$ y est aussi défini et $T_\mathcal{K}$ et $T_{\mathcal{K}^*}$ sont bornés (*loc. cit.*, p. 112). D'après (1) et (2), $T_\mathcal{K} T_{\mathcal{K}^*}$ et $T_{\mathcal{K}^*} T_\mathcal{K}$ sont des transformations identiques. Puisque le noyau de la transformation identique est $\beta(EE')$ (*loc. cit.*, p. 108) et que le noyau de $T_\mathcal{K} T_{\mathcal{K}^*}$ est $\int_\Omega D_{\beta(E'')} \mathcal{K}(E, a'') D_{\beta(E'')} \mathcal{K}^*(a'', E') d\beta(E'')$ (*loc. cit.*, p. 113), $\mathcal{K}(E, E')$ vérifie (3) et (4). C'est, par suite, un noyau de transformation unitaire. Ainsi :

THÉORÈME I. — *Les noyaux du type de Fourier sont identiques aux noyaux des transformations unitaires. Pour que $\mathcal{K}(E, E')$ soit un noyau du type de Fourier, il faut et il suffit que $\mathcal{K}$ vérifie* (3) *et* (4).

Soit $\{\Psi_\nu(E)\}$ un système orthonormé complet dans $\mathcal{L}_2(\beta)$. On peut

---

([5]) F. MAEDA, *Kernels of Transformations in the space of set functions* (*Journ. Sc. Hiroshuna University*, A, 5, 1935, p. 115).

développer $\mathcal{K}(E, E')$ relativement aux $\overline{\Psi_\nu(E')}$. Il suffit de poser

$$(5)\quad \begin{cases} \Phi_\nu(E) = [\mathcal{K}(E, E'), \overline{\Psi_\nu(E')}] = T_k \Psi_\nu(E); \\ \text{alors} \\ \qquad \mathcal{K}(E, E') = \sum_\nu \Phi_\nu(E) \overline{\Psi_\nu(E')}. \end{cases}$$

Quand $\mathcal{K}(E, E')$ est un noyau du type de Fourier, $T_{\mathcal{K}}$ étant des transformations unitaires, $\{\Phi_\nu(E)\}$ est aussi un système orthonormé complet dans $\mathcal{L}_2(\beta)$.

Inversement, quand $\{\Psi_\nu(E)\}$ et $\{\Phi_\nu(E)\}$ sont deux systèmes complets orthonormés dans $\mathcal{L}_2(\beta)$, on a

$$\sum_\nu \Psi_\nu(E) \overline{\Psi_\nu(E')} = \beta(E, E'),$$

$$\sum_\nu \Phi_\nu(E) \overline{\Phi_\nu(E')} = \beta(E, E')$$

et, par suite, (5) vérifie (3) et (4), c'est-à-dire que $\mathcal{K}(E, E')$ est un noyau du type de Fourier. Donc :

Théorème II. — *Pour que* $\mathcal{K}(E, E')$ *soit un noyau du type de Fourier, il faut et il suffit que*

$$\mathcal{K}(E, E') = \sum_\nu \Phi_\nu(E) \Psi_\nu(E'),$$

où $\{\Psi_\nu(E)\}$ *et* $\Phi_\nu(E)$ *sont deux systèmes orthonormés complets dans* $\mathcal{L}_2(\beta)$.

ÉLASTICITÉ. — *Solution générale des plaques rectangulaires (problèmes plans).* Note (¹) de M. **Léon Beschkine**, présentée par M. Albert Caquot.

Nous nous proposons de résoudre le problème suivant : Soit une plaque rectangulaire, rapportée aux axes Ox, Oy passant par son centre, les longueurs des côtés parallèles à Ox et Oy étant respectivement 2π, $2\pi h$, déterminer les contraintes dans la plaque à partir des contraintes agissant sur les quatre bords. Les solutions élémentaires par les polynomes per-

[1] Séance du 21 juin 1937.

mettent d'annuler les résultantes et les moments résultants sur chaque bord, ce qui permet de se borner au cas où les faces parallèles à Oy, par exemple, sont seules chargées. Nous décomposons les contraintes agissantes en deux systèmes.

Premier système. — Les contraintes sur les bords sont paires par rapport à Oy. Elles sont définies (sur les faces $x = \pm \pi$) par

$$\left.\begin{matrix}\mathrm{N}\\ \mathrm{T}\end{matrix}\right\} = \sum_{p=1}^{\infty} \left.\begin{matrix}\mathrm{N}_p\\ \mathrm{T}_p\end{matrix}\right\} \cos \frac{py}{h} + \sum_{p=1}^{\infty} \left.\begin{matrix}\mathrm{N}'_p\\ \mathrm{T}'_p\end{matrix}\right\} \sin \frac{py}{h}. \tag{1}$$

La fonction Φ d'Airy résolvant le problème est

$$\begin{aligned}(2)\quad \Phi = & \sum_{n=1}^{\infty} (\mathrm{B}'_n \cos nx + \mathrm{H}'_n \sin nx) \{ \operatorname{sh} nh\pi . \operatorname{cr} ny - (\operatorname{sh} nh\pi + \operatorname{sr} nh\pi) \operatorname{ch} ny \} \\ & + \sum_{n=1}^{\infty} (\mathrm{D}'_n \sin nx + \mathrm{F}'_n \cos nx) \{ \operatorname{sh} nh\pi . \operatorname{sr} ny - \operatorname{sr} nh\pi . \operatorname{sh} ny \} \\ & + \sum_{p=1}^{\infty} \left(\mathrm{B}_p \cos \frac{py}{h} + \mathrm{F}_p \sin \frac{py}{h} \right) \left\{ \operatorname{sh} \frac{p\pi}{h} . \operatorname{cr} \frac{px}{h} - \left(\operatorname{sh} \frac{p\pi}{h} + \operatorname{sr} \frac{p\pi}{h} \right) \operatorname{ch} \frac{px}{h} \right\} \\ & + \sum_{p=1}^{\infty} \left(\mathrm{D}_p \sin \frac{py}{h} + \mathrm{H}_p \cos \frac{py}{h} \right) \left\{ \operatorname{sh} \frac{p\pi}{h} . \operatorname{sr} \frac{px}{h} - \operatorname{sr} \frac{p\pi}{h} . \operatorname{sh} \frac{px}{h} \right\},\end{aligned}$$

avec les relations et notations suivantes :

$$\operatorname{cr} z = z \operatorname{sh} z, \qquad \operatorname{sr} z = z \operatorname{ch} z;$$

$$\omega_1(z) = \pi z + \frac{1}{2} \operatorname{sh} 2\pi z, \qquad \omega_2(z) = -\pi z + \frac{1}{2} 2\pi z;$$

$$(\mathrm{B, F, D, H})'_n = -\sum_{p=1}^{\infty} (\mathrm{B, F, D, H})_p (-1)^{n+p} \left[\frac{2 \operatorname{sh}(p\pi : h)}{n^2 h^2 + p^2} \right]^2 \frac{p^3 h}{\pi \omega(nh)} \left(-\frac{p}{nh} \right)^{\alpha}. \tag{3}$$

Dans les quatre groupes de relations (3) ainsi que dans (4), (5), (6), on a

$\omega(nh) = \omega_1$ pour B, H et ω_2 pour F, D;

$\alpha = 0$ pour B et D, $+1$ pour F et -1 pour H;

$\omega(k : h)$ et $\omega(p : h) = \omega_1$ pour B, F ou N, N′ et ω_2 pour D, H ou T, T′.

Posant

$$(\mathcal{N}, \mathcal{N}', -\mathcal{T}, \mathcal{T}')_k = (\mathrm{N, N', T, T'})_k \frac{h \operatorname{sh}(k\pi : h)}{\sqrt{k . \omega(k : h)}}, \tag{4}$$

$$(\mathcal{B}, \mathcal{F}, \mathcal{D}, \mathcal{H})_k = (\mathrm{B, F, D, H})_k \sqrt{k^3 . \omega\left(\frac{k}{h}\right)} \frac{1}{h} \operatorname{sh} \frac{k\pi}{h}. \tag{5}$$

On obtient quatre systèmes d'équations du premier degré à une infinité d'inconnues pour déterminer $\mathcal{B}_k$, $\mathcal{F}_k$, $\mathcal{D}_k$, $\mathcal{H}_k$

$$(6)\quad (\mathcal{N}, \mathcal{N}', \mathcal{T}, \mathcal{T}')_k = (\mathcal{B}, \mathcal{F}, \mathcal{D}, \mathcal{H})_k - \sum_{p=1}^{\infty} (\mathcal{B}, \mathcal{F}, \mathcal{D}, \mathcal{H})_p \operatorname{sh}\frac{p\pi}{h} \cdot \operatorname{sh}\frac{k\pi}{h} \times \sqrt{\frac{p^3 k^3}{\omega(p:h)\,\omega(k:h)}} \sum_{n=1}^{\infty} (-1)^{p+k} \left[\frac{4h \operatorname{sh} nh\pi}{\pi(n^2h^2+p^2)(n^2h^2+k^2)}\right]^2 \frac{n^3}{\omega(nh)} \left(\frac{pk}{n^2}\right)^{\alpha}.$$

Les systèmes (6) étant résolus, on déduit B, F, D, H et B', F', D', H' à l'aide de (5) et (3), ce qui définit la fonction d'Airy (2) et par suite les tensions en tout point de la plaque.

Deuxième système. — Les contraintes sur les bords sont impaires par rapport à Oy. Elles sont définies par (1) sur le bord $x = +\pi'$. La fonction Φ d'Airy utilisée est

$$(7)\quad \Phi = \sum_{p=1}^{\infty} \frac{h^2}{p^2} \left\{ \left(T'_p \cos\frac{py}{h} - T_p \sin\frac{py}{h}\right) \left(\operatorname{ch}\frac{p\pi}{h} \operatorname{cr}\frac{px}{h} - \operatorname{cr}\frac{p\pi}{h} \operatorname{ch}\frac{px}{h}\right) \frac{1}{\omega_1(p:h)} + \left(N_p \cos\frac{py}{h} + N'_p \sin\frac{py}{h}\right) \times \left[\operatorname{ch}\frac{p\pi}{h} \operatorname{sr}\frac{px}{h} - \left(\operatorname{cr}\frac{p\pi}{h} + \operatorname{ch}\frac{p\pi}{h}\right) \operatorname{sh}\frac{px}{h}\right] \frac{1}{\omega_2(p:h)} \right\}.$$

Il reste des contraintes résiduelles sur les faces parallèles à Oy. Ces contraintes sont du *premier système*, ce qui ramène la solution du deuxième système au premier.

Les valeurs de ces contraintes sont :

$$\begin{matrix}(8)\quad N \\ (9)\quad T\end{matrix}\Bigg\} = \frac{h}{\pi} \sum_{p=1}^{\infty} \begin{matrix} T'_p \\ -N'_p \end{matrix}\Bigg\} (-1)^p \frac{1}{p} + \frac{2h}{\pi} \sum_{n=1}^{\infty} \cos nx (-1)^n \sum_{p=1}^{\infty} \frac{(-1)^p p}{n^2h^2+p^2} \begin{matrix} T'_p \\ -N'_p \end{matrix}\Bigg\} \left[1 + \frac{\varepsilon}{1+\theta} \frac{\operatorname{sh}(2p\pi:h)}{\omega(p:h)}\right] + \frac{2h^2}{\pi} \sum_{n=1}^{\infty} \sin nx (-1)^n n \sum_{p=1}^{\infty} \frac{(-1)^p}{n^2h^2+p^2} \begin{matrix} N_p \\ T_p \end{matrix}\Bigg\} \left[1 - \frac{1}{1+\theta} \frac{\operatorname{sh}(2p\pi:h)}{\omega(p:h)}\right],$$

$\varepsilon = +1$ pour T' et -1 pour N'; $\omega = \omega_1$ pour T et T' et ω_2 pour N et N'; $\theta = p^2 : n^2h^2$ pour N, N', T' et $n^2h^2 : p^2$ pour T.

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *Sur une généralisation de l'opération de M. Dirac.* Note de M. **Jean Roubaud-Valette**, présentée par M. Louis de Broglie.

Nous avons vu (¹) que les deux opérateurs de M. Dirac,

$$P_4 + \sum_1^3 \alpha_i P_i + \alpha_4 m_0 c \quad \text{et} \quad P_4 - \sum_1^4 \alpha_i P_i - \alpha_4 m_0 c,$$

dérivent de l'opérateur

$$\Gamma_1(I P_1 + J P_2 + K P_3 + \Gamma_2 P_4 + \Gamma m_0 c$$

par multiplication à droite et à gauche par Γ_2 et en posant $\Gamma I \simeq \alpha_1$; $\Gamma J \simeq \alpha_2$; $\Gamma K \simeq \alpha_3$; $\Gamma_1 \simeq \alpha_4$.

Dans l'espace à cinq dimensions, l'opérateur général est

$$\Pi \equiv \lambda + \Gamma_1(I P_1 + J P_2 + K P_3) + \Gamma_2 P_4 + \Gamma P_\xi \quad \text{avec} \quad P_\xi = -\frac{h}{2\pi i}\frac{\partial}{\partial \xi},$$

ξ étant la cinquième dimension dont $m_0 c$ est le moment conjugué.

Prenons

$$\Pi^* \equiv \lambda - \Gamma_1(I P_1 + J P_2 + K P_3) - \Gamma_2 P_4 - \Gamma P_\xi.$$

On a

$$\Pi^* \Pi = \lambda^2 + m_0'^2 c^2 + \alpha^2\left(\frac{\partial^2}{\partial x^2} + \frac{\partial^2}{\partial y^2} + \frac{\partial^2}{\partial z^2} - \frac{1}{c^2}\frac{\partial^2}{\partial t^2}\right)$$

avec $\alpha = -h/2\pi i$, d'où $\Pi^*\Pi\psi = 0$ donne

$$\Box\psi = \frac{4\pi^2 m_0'^2 c^2}{h^2}\psi + \frac{4\pi^2}{h^2}\lambda^2\psi,$$

on pose $\lambda = \mu_0 c$, μ_0 a les dimensions d'une masse.

Les équations de Maxwell correspondantes sont :

$$\operatorname{Div} H = 0, \quad \operatorname{Div} h = -\frac{4\pi^2}{h^2}(m_0^2 + \mu_0^2)c^2 V,$$

$$\operatorname{Rot} \vec{H} = \frac{1}{c}\frac{\partial \vec{h}}{\partial t} - \frac{4\pi^2}{h^2}(m_0^2 + \mu_0^2)c^2 \vec{A}, \qquad \operatorname{Rot} \vec{h} = -\frac{1}{c}\frac{\partial \vec{H}}{\partial t};$$

de plus, l'expression hamiltonienne de l'énergie devient

$$\frac{W^2}{c^2} = p_x^2 + p_y^2 + p_z^2 + m_0^2 c^2 + \mu_0^2 c^2.$$

(¹) *Comptes rendus*, 204, 1937, p. 1406.

Nous avons pour cet espace à cinq dimensions deux types de transformations. La transformation de Lorentz se rapportant à l'espace-temps et une transformation hors de l'espace Γ temps exprimée par

$$1 \to \frac{1-\gamma . i\Gamma'}{\sqrt{1-\gamma^2}}, \qquad \Gamma \to \frac{\gamma i + \Gamma'}{\sqrt{1-\gamma^2}}, \qquad \text{où} \quad \gamma = \frac{1}{c}\frac{\partial \xi}{\partial t}.$$

Nous pouvons donc exprimer le quintivecteur : énergie, quantité de mouvement, masse propre par

$$\frac{W}{c} = \frac{\mu_0}{\sqrt{1-\gamma^2}}\frac{c}{\sqrt{1-\beta^2}}; \qquad \vec{P} = \frac{\mu_0}{\sqrt{1-\gamma^2}}\frac{\vec{v}}{\sqrt{1-\beta^2}}; \qquad P_\xi = \frac{\mu_0 c\gamma}{\sqrt{1-\gamma^2}}.$$

Pour $\gamma = 0$, repos le long de la cinquième dimension, on a $m_0 c = P_\xi = 0$ et les équations de Maxwell deviennent, vue la petitesse du terme $\mu_0 c$ (que nous calculerons plus tard), identiques aux équations classiques de l'électromagnétisme.

Les photons sont donc caractérisés par une vitesse nulle le long de la cinquième dimension.

Cas d'un corpuscule matériel. — Posons $\gamma_1^2 = m_0^2/(m_0^2 + \mu_0^2)$, on a

$$P_\xi = m_0 c, \qquad \frac{W}{c} = \frac{m_0 c}{\sqrt{1-\beta^2}}\left(1 + \frac{\mu_0^2}{2m_0^2}\right) \# \frac{m_0 c}{\sqrt{1-\beta'}}$$

et

$$\vec{P} = \frac{m_0 \vec{v}}{\sqrt{1-\beta'}}\left(1 + \frac{\mu_0^2}{2m_0^2}\right) \# \frac{m_0 \vec{v}}{\sqrt{1-\beta^2}};$$

ce sont les expressions relativistes ordinaires.

On peut écrire

$$\Pi = [\Gamma_2 \mu_0 c + P_4 + \Gamma_1 (IP_1 + JP_2 + KP_3) + \Gamma_1 m_0 c]\Gamma_2$$

et

$$\Pi^* = \Gamma_2[\Gamma_2 \mu_0 c - P_4 + \Gamma(IP_1 + JP_2 + KP_3) + \Gamma_1 m_0 c].$$

Les crochets généralisent les opérateurs de M. Dirac.

Par la méthode indiquée dans la Note précédente [1], on trouve, sans utiliser les matrices, les quatre équations qui généralisent le système de M. Dirac

$$(P_4 + m_0 c)\Psi_1 + (P_1 + iP_2)\Psi_4 + (P_3 - i\mu_0 c)\Psi_3 = 0,$$
$$(P_4 + m_0 c)\Psi_2 + (P_1 - iP_2)\Psi_3 - (P_3 + i\mu_0 c)\Psi_4 = 0,$$
$$(P_4 - m_0 c)\Psi_3 + (P_1 + iP_2)\Psi_2 + (P_3 + i\mu_0 c)\Psi_1 = 0,$$
$$(P_4 - m_0 c)\Psi_4 + (P_1 - iP_2)\Psi_1 - (P_3 - i\mu_0 c)\Psi_2 = 0.$$

On a pour densité de courant charge

$$\rho = \Sigma \Psi_i^* \, 1 \, \Psi_i; \qquad \rho U x = -c \Sigma \Psi_i^* \alpha_1 \Psi_i, \qquad \ldots$$
$$\rho U_\xi = -c \Sigma \Psi_i^* \alpha_4 \Psi_i = -c(\Psi_1^* \Psi_1 + \Psi_2^* \Psi_2 - \Psi_3^* \Psi_3 - \Psi_4^* \Psi_4).$$

Pour les ondes d'énergie positive ψ_4 et ψ_3 prédominant sur ψ_1 et ψ_2, d'où $\rho U_\xi > 0$, d'où un corpuscule d'énergie positive est en translation avec vitesse positive le long de la cinquième dimension. On a la conclusion inverse pour un corpuscule d'énergie négative. La quantification de l'énergie entraîne donc la quantification de la masse. La constante μ_0 peut s'interpréter en considérant un univers de Sitter

$$x^2 + y^2 + z^2 + \xi^2 - c^2 t^2 = R^2.$$

Un opérateur différentiel appliqué au nombre dont il dérive doit donner un scalaire composé de termes égaux à $\pm 1 \alpha$, d'où nous devons avoir

$$\mu_0 c R i = \pm 1 \alpha \quad \text{ou} \quad \mu_0 = \pm \frac{h}{2\pi R c} \quad (^2).$$

M. de Sitter donne pour R la valeur $1,42 . 10^{27}$, d'où l'on trouve, pour μ_0 masse d'un demi-photon ou neutrino,

$$\mu_0 = \pm 10^{-64} \text{ g}.$$

ÉLECTRODYNAMIQUE. — *Nouvelle forme sans singularités de l'électrodynamique de Born.* Note [1] de M. **Georges Darrieus**, présentée par M. Maurice de Broglie.

Si dans la matrice dissymétrique a_{kl} dont la considération sert de point de départ à la théorie de Born, nous remplaçons la partie antisymétrique f_{kl}, correspondant au champ électromagnétique, par if_{kl}, ce qui rend la matrice hermitienne, ou si, dans la forme élégante que Schrödinger a donnée à cette théorie [2], nous changeons le signe de la fonction de Lagrange $\mathcal{L}$, la relation entre le champ E et le déplacement D au voisinage de l'électron devient $E = D/\sqrt{1 - D^2}$. Par suite de l'inversion de signe

---

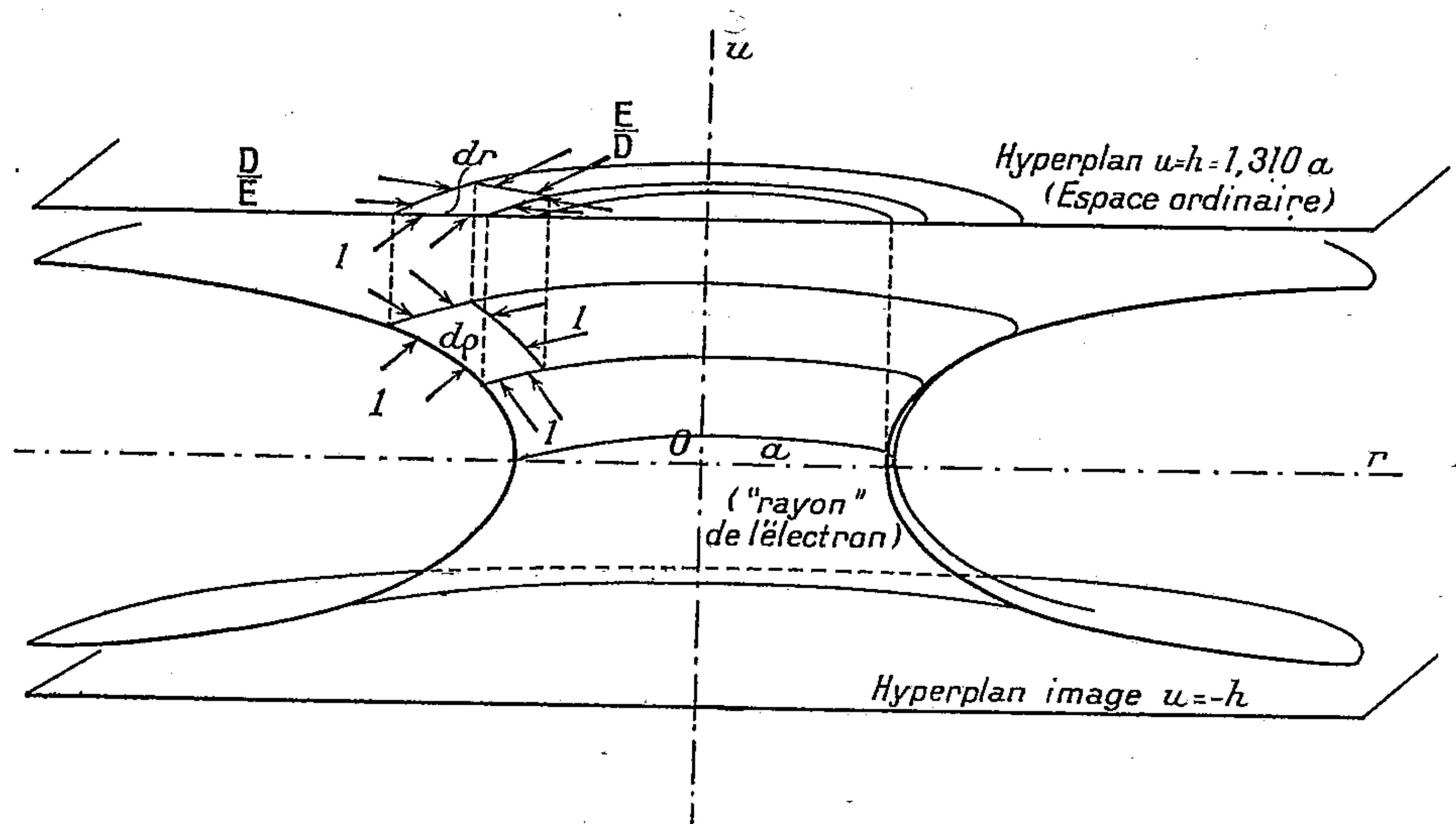
[2] Un résultat analogue avait déjà été indiqué par M. Tokio Takenchi (*Zeits. für Physik.*, 53, 1929, p. 148).

[1] Séance du 7 juin 1937.

[2] *Proc. of the R. S. London*, A, 150, 1935, p. 465.

sous le radical, le champ ne comporte plus de point singulier où le déplacement D devienne infini, mais demeure extérieur à une sphère de rayon a correspondant à la valeur limite $D = 1$, et en deçà duquel n'existe aucune valeur réelle du champ.

Le double signe devant le radical suggère d'envisager cette sphère, non



Coupe méridienne (avec une dimension d'espace supprimée) de l'hypersurface représentative de l'électron.

plus comme la discontinuité porteuse de charge qu'est l'électron pelliculaire de la théorie classique, mais comme le contour apparent d'un espace courbe, hypersurface à trois dimensions contenue dans un espace euclidien à quatre dimensions et projetée sur l'espace ordinaire auquel elle est asymptote à grande distance de l'électron. Ce dernier apparaît ainsi, suivant l'idée émise déjà par Einstein et Rosen ([3]) comme un col ou pont reliant deux nappes de l'hypersurface.

Si, sur la sphère, le champ électrique E apparaît comme infini, une valeur finie $E' = D$ se trouve rétablie par le changement de variable ci-dessous où u désigne le potentiel, maintenu invariant,

$$E' \, d\rho = D \, d\rho = E \, dr = du$$

ou

$$d\rho = \frac{E}{D} dr = \frac{dr}{\sqrt{1 - D^2}} = \frac{dr}{\sqrt{1 - \frac{a^4}{r^4}}} = \frac{r^2}{a^2} du = \sqrt{dr^2 + du^2}.$$

([3]) *Phys. Rev.*, 48, 1935, p. 73.

Dans le plan (r, u), ρ correspond donc à l'arc de la méridienne, intersection par ce plan, de l'hypersurface que substitue à l'espace réel le changement de variable $r \rightarrow \rho$ ou u.

Du rayon a ou du col de la méridienne à l'infini, u, fonction impaire de ρ, varie de o à $h = 1{,}310\ a$, de sorte que l'hypersurface se compose de deux nappes symétriques par rapport à l'hyperplan $u = 0$ et asymptotes respectivement aux deux hyperplans parallèles $u = \pm h$.

Enfin les tensions de Maxwell, réévaluées suivant la forme donnée à la théorie par Schrödinger, peuvent être considérées comme la projection de tensions analogues agissant dans l'hypersurface, et se réduisant, comme le montre un calcul simple, à une pression uniforme qui n'est autre que la pression de Poincaré.

L'hypersurface, figure d'équilibre résultant de cette pression par laquelle se manifeste sans doute la relation cosmique entre l'électron et l'univers, ressemble ainsi, sauf une dimension en plus, à une surface capillaire.

La deuxième nappe $u < 0$ paraît apporter une interprétation adéquate des champs *anormaux* à pouvoir inducteur négatif, dont Schrödinger a signalé l'analogie frappante avec les solutions négatives de Dirac.

OPTIQUE. — *Sur l'observation du phénomène de Sagnac par un observateur non entraîné.* Note de MM. ALEXANDRE DUFOUR et FERNAND PRUNIER.

Nous avons appliqué la technique particulière que nous avons précédemment décrite [1], à l'étude de l'effet Sagnac pour un observateur immobile, dans le but de comparer les résultats qu'il obtiendrait à ceux que constate l'observateur entraîné dans l'expérience primitive de Sagnac.

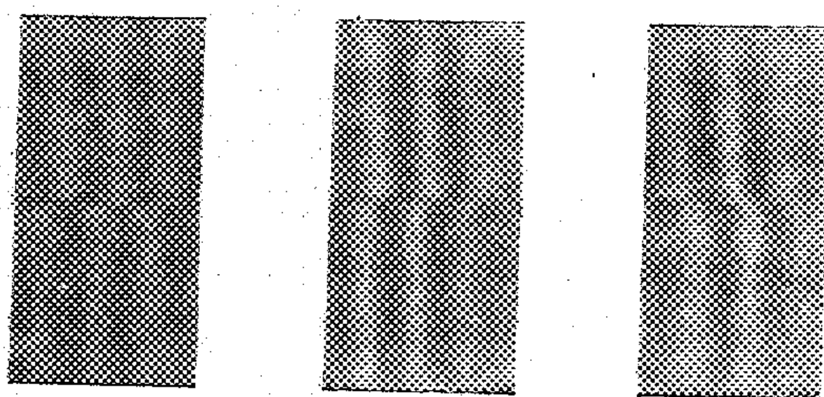
A cet effet, l'observateur, constitué par l'ensemble de la lunette réceptrice et de la chambre photographique, est rigidement fixé à un support scellé dans le mur du laboratoire. Les éclairs d'illumination de l'appareil sont restés comme précédemment d'une durée de l'ordre de 10^{-5} seconde, et sont produits une fois par tour.

Pendant la durée de chaque éclair, l'interféromètre a tourné d'un petit angle, de sorte que le système de franges ne reste pas rigoureusement identique à lui-même sur la plaque photographique immobile. Mais il est possible d'atteindre la valeur du décalage de franges qu'observerait l'opéra-

(1) *Comptes rendus*, 204, 1937, p. 1322.

teur immobile si les éclairs étaient infiniment brefs : il suffit pour cela de prendre la moyenne des valeurs absolues des effets Sagnac obtenus pour deux positions verticales de la glace séparatrice, symétriques l'une de l'autre par rapport à la position verticale qu'occupe cette glace quand la frange centrale a envahi tout le champ interférentiel.

Les spécimens donnés ici représentent quelques clichés originaux agrandis à peu près 4 fois. Les parties supérieures des figures correspondent à un même sens de rotation de l'interféromètre; il en est de même



pour les parties inférieures, mais le sens de rotation est alors opposé au précédent. La vitesse angulaire ω est d'environ 4,4 tours par seconde pour le cliché de gauche, et 3,7 tours par seconde pour les deux autres. Le premier cliché représente l'effet Sagnac tel qu'il apparaît à l'observateur entraîné par le disque en rotation. Les deux autres clichés montrent les effets Sagnac constatés par l'observateur immobile quand la glace séparatrice a successivement les orientations indiquées plus haut. On voit que la moyenne des valeurs absolues des effets Sagnac dans ces deux derniers clichés est bien du même ordre de grandeur que la valeur de l'effet Sagnac dans le premier. Les mesures ont montré que cette égalité se vérifiait, pour la moyenne des déterminations, à l'approximation de 5 pour 100 environ, malgré les difficultés expérimentales rencontrées.

L'observateur solidaire du disque, et l'observateur immobile, trouvent donc pratiquement une même valeur pour l'effet Sagnac, phénomène qui est, comme on sait, du premier ordre en ω/c, c étant la vitesse de la lumière.

Ce résultat est en accord avec les prévisions de la théorie classique.

Mais son interprétation en théorie relativiste soulève des difficultés. Plaçons-nous, en effet, pour raison de simplicité et sans perte de généralité puisque le nombre des miroirs peut être pris aussi grand qu'on le veut, dans le cas d'un parcours circulaire de longueur l sur le disque, là où la

vitesse linéaire est v. Pour l'observateur relativiste entraîné par le disque, les parcours lumineux ont la longueur l, et la vitesse de la lumière est c; tandis que pour l'observateur relativiste immobile, les parcours lumineux sont devenus (par suite de la rotation du disque et en nous bornant aux termes du premier ordre en v/c), l'un $l + vl/c$, l'autre $l - vl/c$, mais la vitesse de la lumière reste toujours égale à c. L'effet Sagnac observé par l'opérateur fixe doit donc être, en théorie relativiste, différent de l'effet Sagnac observé par l'opérateur entraîné, à cause du retard supplémentaire égal à $2vl/c^2$ résultant de l'inégalité des parcours lumineux pour l'observateur immobile. Ce retard devrait donner naissance à un décalage supplémentaire des franges précisément égal à l'effet Sagnac primitif. Les résultats expérimentaux obtenus ici ne vérifient pas cette prévision.

SPECTROSCOPIE. — *Spectres infrarouges et spectres Raman des chlorobromométhanes*. Note de MM. **Jean Lecomte, Henri Volkringer** et **Arakel Tchakirian**, transmise par M. Georges Urbain.

Nous avons étudié le trichloromonobromo-, le dichlorodibromo- et le monochlorotribromométhane. Ces corps ont été préparés suivant le procédé indiqué par C. Friedel, R. D. Silva (1) et A. Besson (2). Ce procédé consiste à chauffer en tube scellé du chloroforme et du brome. Une étude systématique de cette réaction nous a permis d'en améliorer le rendement.

Les tubes scellés, contenant chacun 34^{cm^3} de chloroforme et 21^{cm^3} de brome, sont tout d'abord chauffés à 225° pendant 2 heures. On les ouvre pour laisser s'échapper l'acide HBr formé. On referme et on chauffe 4 heures à 250°. On ouvre à nouveau, on referme et on chauffe 8 heures à 275°. On obtient ainsi un liquide contenant les trois chlorobromométhanes et du chloroforme qui n'a pas réagi. L'expérience prouve que par distillation fractionnée on ne peut obtenir qu'une séparation grossière. Nous avons dû adjoindre à une série de distillations fractionnées, des séparations par congélation fractionnée. Le composé $CClBr^3$, solide à la température ordinaire, a ensuite été purifié par cristallisation dans l'éther.

Les composés CCl^3Br et CCl^2Br^2 sont des liquides incolores transparents et mobiles dont les points de fusion sont respectivement —21° et

---

(1) *Bull. Soc. chim.*, **17**, 1872, p. 4537.
(2) *Comptes rendus*, **114**, 1892, p. 222.

$+22°$ et les points d'ébullition 105° et 135°. Le composé $CClBr^3$, corps solide blanc, facilement sublimable fond à 55° et bout à 160°.

Nous avons pris les spectres Raman de ces trois substances en maintenant le $CClBr^3$ à 57° par un dispositif approprié. On est gêné par le fait que ces corps se décomposent sous l'action de la lumière et se colorent en jaune par libération de brome. Les substances étaient décolorées par contact prolongé avec des fils d'argent à l'obscurité. Pendant la pose, la réaction photochimique a été retardée par la présence de fils d'argent dans le tube.

Le spectre infrarouge, obtenu à l'aide de deux spectromètres enregistreurs ([3]), a été étudié entre les fréquences 500 cm^{-1} et 1400 cm^{-1}.

Nos résultats sont consignés sur le tableau ci-dessous, qui reproduit les fréquences des raies fondamentales, facilement discernables par leur grande intensité dans les spectres Raman et infrarouges.

		δ_{12}.	δ_{345}.	ν_1.	ν_{234}.
ClC^4	R	217	313	459	791
	I — R ([4])	–	–	–	797
CCl^3Br	R ([5])	187	243 289	418	710 765
	I — R	–	– –	–	717 764
CCl^2Br^2	R	141 164	230 252 318	370	672 720 759
	I — R	– –	– – –	–	680 727 764
$CClBr^3$	R	139	210 266	326	674 734
	I — R	–	– –	–	667 740
CBr^4	R	123	183	265	667
	I — R	–	–	–	667

L'interprétation de ces spectres peut se faire à l'aide des théories classiques qui conduisent à prévoir quatre raies fondamentales distinctes pour CCl^4 et CBr^4 et six raies pour CCl^3Br et $CClBr^3$ par dédoublement des raies δ_{345} et ν_{234}. La théorie prévoit également les neuf raies que nous avons observées pour CCl^2Br^2. En plus des raies fondamentales, nous avons constaté la présence de raies plus faibles que nous avons pu identifier comme étant des harmoniques ou des raies de combinaison. Ces raies sont

([3]) *Comptes rendus*, **189**, 1929, p. 155; **196**, 1933, p. 1011.

([4]) SCHÆFER et KERN, *Zeits. f. Phys.*, **78**, 1932, p. 609.

([5]) Voir également J. WOUTERS, *Bull. Ac. Roy. de Belgique*, **20**, 1934, p. 782.

beaucoup plus nombreuses dans le spectre infrarouge que dans le spectre Raman. Elles sont au nombre d'une dizaine pour chacun des corps étudiés. En utilisant les valeurs obtenues pour les fréquences fondamentales, nous avons pu retrouver par le calcul la fréquence de la plupart des raies faibles observées. L'écart entre l'observation et le calcul ne dépasse pas 3 pour 100.

Il semble aussi que l'on retrouve avec CCl^3Br un phénomène de couplage déjà observé avec CCl^4. Pour CCl^4 la raie 791 (ν_{234}) est couplée avec la raie 762 ($\delta_{345}+\nu_1$). Pour CCl^3Br la raie 710 (ν_{23}) est couplée avec la raie 682 ($\delta_{45}+\nu_1$), ce qui explique la grande intensité de cette raie dans l'infrarouge. Comme la théorie le prévoit, on ne trouve rien de semblable ni avec $CClBr^3$ ni avec CBr^4.

SPECTROSCOPIE. — *Spectres d'émission moléculaires de quelques sels métalliques.* Note de M. **Pierre Mesnage**, présentée par M. Aimé Cotton.

1. Comme je l'annonçais [1], j'ai continué l'exploration des spectres des halogénures des métaux voisins du fer, en étudiant cette fois des *bromures* et *iodures*, $NiBr^2$, $CoBr^2$, $CrBr^3$, NiI^2, MnI^2. La technique n'a pas été sensiblement modifiée [2] : j'emploie une décharge sans électrodes en haute fréquence; la dispersion est toujours de 20 Å/mm auprès de 4000 Å, de 50 Å/mm autour de 5500 Å.

2. Avec les iodures aucun spectre moléculaire n'a été trouvé dans ces conditions. L'*iodure de nickel* se décompose complètement à la température nécessaire pour le sublimer, et on n'observe que les bandes de l'iode. L'*iodure de manganèse* distille sans décomposition appréciable vers 500°, mais bien que la décharge prenne alors l'aspect caractéristique qu'elle a dans les vapeurs salines à pression assez élevée ($>1^{mm}$) elle n'émet que le spectre d'arc du manganèse et quelques raies de l'iode. Peut-être les bandes, si elles existent, sont elles en dehors du domaine spectral étudié, c'est-à-dire ici dans l'infrarouge [3].

Même résultat négatif en ce qui concerne le *bromure chromique :* on n'observe en dehors des raies du chrome qu'un faible spectre continu dans l'ultraviolet, principalement situé entre 3350 et 3550 Å.

---

(1) *Comptes rendus,* 204, 1937, p. 761.
(2) *Comptes rendus,* 200, 1935, p. 2072.
(3) L'iodure de fer se comporte de même (*loc. cit.*).

3. Les *bromures de nickel* et de *cobalt*, au contraire, émettent des spectres moléculaires très riches situés dans le visible, accompagnés comme toujours par les principales raies du spectre d'arc du métal et les raies les plus intenses de BrI ainsi que probablement quelques raies de BrII.

Avec $NiBr^2$ on observe un grand nombre de bandes dégradées vers le rouge et situées entre 3900 et 5100 Å, et un spectre contenu (avec des traces de structure) dont le maximum est voisin de 5700 Å. Sans préjuger de l'origine de ce spectre continu, on peut supposer que les bandes sont celles de la molécule diatomique NiBr. Le pouvoir de résolution des spectrographes étant relativement faible, une classification des bandes ne doit être proposée qu'avec des réserves et à titre d'hypothèse : il semble que les principales bandes peuvent être groupées en trois systèmes ayant en commun le niveau électronique inférieur, qui serait l'état fondamental de la molécule avec une fréquence de vibration voisine de 350 cm^{-1}. Ces systèmes montrent des progressions v'' assez bien développées (v'' de 0 à 5), mais un petit nombre de niveaux de vibration des états électroniques supérieurs ($v' = 0, 1, 2$). La distribution des intensités est telle que les bandes (0, 0) manquent ou sont très faibles, de sorte que les nombres quantiques v'' ne peuvent pas encore être fixés en valeur absolue mais sont susceptibles d'être tous augmentés d'une ou de deux unités.

Je donne ci-dessous les longueurs d'onde des têtes de bandes les plus intenses, avec les nombres quantiques qu'on peut provisoirement leur associer :

Système A : 3930 (1, 1), 3981 (1, 2), 3988 (0, 2), 4032 (1, 3), 4037 (0,3).

Système B : 4116 (2,0), 4174 (2,1), 4189 (1,1), 4203 (0,1), 4231 (2,2), 4245 (1,2), 4258 (0,2), 4299 (1,3), 4314 (0,3), 4354 (1,4), 4407 (1,5).

Système C : 4590 (2,1), 4598 (1,1), 4605 (0,1), 4660 (2,2), 4669 (1,2), 4675 (0,2), 4744 (0,3).

En outre, un certain nombre de bandes intenses dégradées aussi vers le rouge ne rentrent pas dans cette classification; les principales ont pour longueurs d'onde : 4450, 4555, 4637, 4797, 4823, 4896, 4993, 5070 Å.

4. Le *bromure de cobalt* présente un spectre de bandes groupées principalement dans deux régions, de 4340 à 4900 Å et de 5400 à 5750 Å. Les bandes, attribuées à la molécule diatomique CoBr, sont dégradées pour la plupart vers le rouge, l'ensemble est particulièrement compliqué et on n'y reconnaît pas de système bien développé. Toutefois, il est possible qu'il existe deux systèmes ayant en commun le niveau inférieur avec une fré-

quence de vibration voisine de 310 cm^{-1}, dont les principales bandes on pour longueurs d'onde

Système A : 4488 (1,1), 4494 (0,1), 4541 (0,2).

Système B : 5427 (1,0), 5449 (0,0), 5507 (1,1), 5528 (0,1), 5577 (1,2), 5598 (0,2).

Parmi les autres bandes signalons les suivantes :

a. Bandes sans arêtes dont le sens de dégradé n'est pas bien visible : premier groupe, 4603, 4607, 4611, 4615 Å; deuxième groupe, 4674, 4678, 4685, 4693 Å.

b. Bandes distinctement dégradées vers le rouge : 4742, 4749, 4796, 4830 Å.

c. Une séquence de bandes, dégradées vers le violet, qui convergent en formant une arête très nettement limitée du côté des petites longueurs d'onde à 4338 Å.

d. Une séquence de bandes, dont le sens de dégradé n'est pas visible, qui s'étendent vers le rouge à partir d'une tête située à 5542 Å.

MAGNÉTOOPTIQUE. — *Anomalies de dispersion rotatoire magnétique des solutions sulfuriques de tellure.* Note de MM. **H. Bizette** et **M. Schérer**, présentée par M. Aimé Cotton.

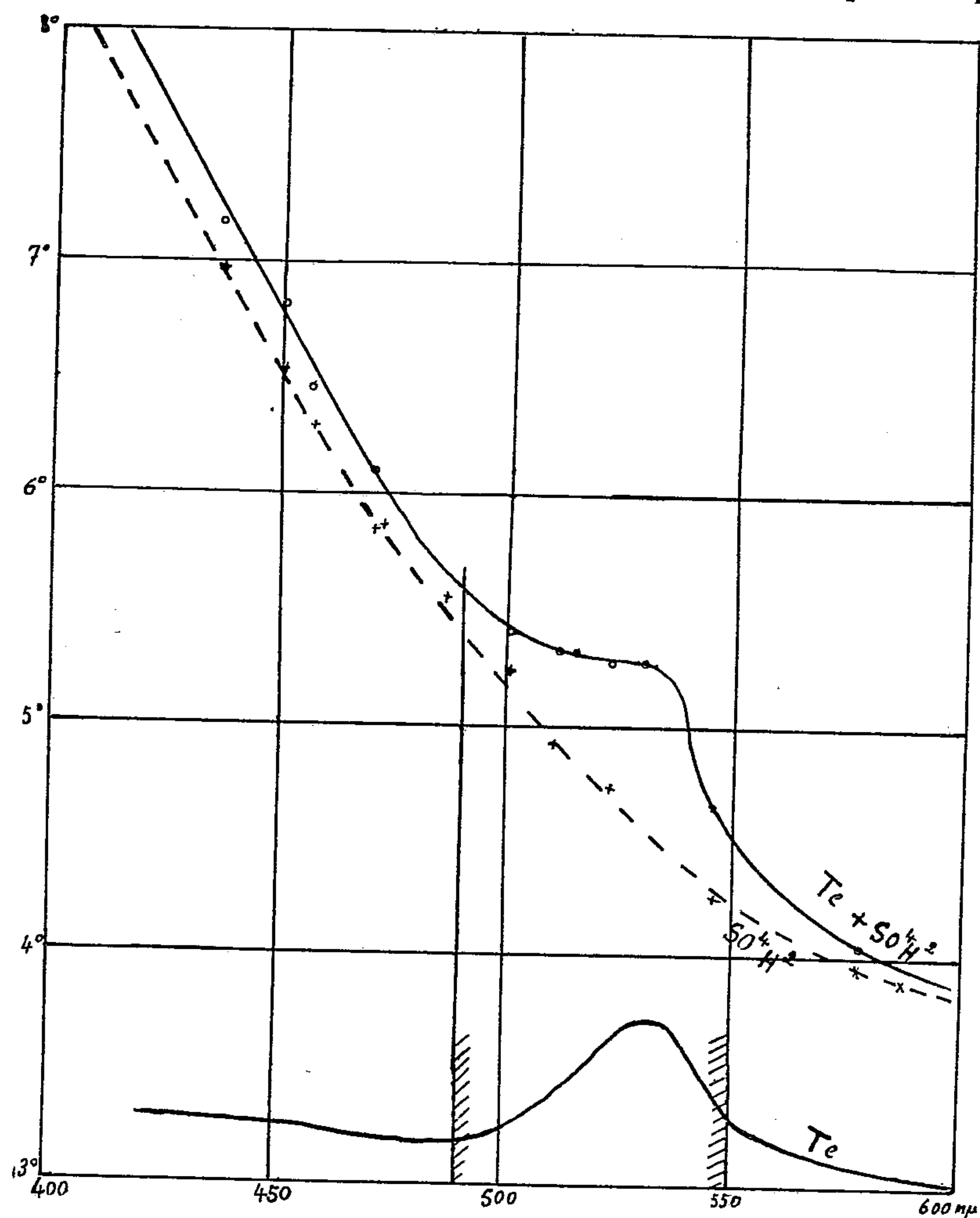
Les anomalies de dispersion rotatoire magnétique au voisinage des larges bandes d'absorption des liquides ou des solutions sont liées à l'état magnétique de la molécule absorbante. Les données que l'on possède se rapportent à peu près uniquement aux solutions salines colorées paramagnétiques et ce n'est plus particulièrement que dans le cas des sels de cobalt qu'on a pu mettre en évidence, pour ces bandes, l'existence d'un terme de dispersion paramagnétique en $1/(\lambda^2-\lambda_0^2)$.

Nous avons pensé que l'étude des anomalies des solutions rouges de tellure dans l'acide sulfurique concentré ($d=1,84$) permettrait de préciser l'état du tellure si l'on trouvait que ces anomalies correspondent à la rotation paramagnétique. Ces solutions, préparées à chaud, présentent dans le visible une large bande dont le maximum est situé entre 520 et 530 $^{m\mu}$. La solubilité du tellure étant faible, nous n'avons obtenu que des solutions très peu concentrées (0,008 en poids). Nous avons déterminé la courbe de dispersion rotatoire magnétique sous une épaisseur de 2^{mm} dans un champ magnétique de 50000 gauss obtenu avec l'electro-aimant de Bellevue, muni de pièces polaires percées et en utilisant le montage polarimétrique déjà utilisé par l'un de nous [1].

---

[1] M. Schérer, *Comptes rendus*, 195, 1932, p. 950.

Nous avons employé les raies d'un arc au mercure Philora, la raie $486^{m\mu}$ de l'hydrogène et des bandes de $13^{m\mu}$ du spectre continu de l'arc au charbon dans la région la plus absorbée. Les mesures ont pu être effectuées dans l'intérieur même de la bande d'absorption, elles ont été reprises à plusieurs



jours d'intervalles sur la même solution conservée à l'abri de l'air. Les courbes suivantes représentent les dispersions de la solution, du solvant et du tellure.

On voit que la dispersion du tellure dissous est en $1/(\lambda^2-\lambda_0^2)^2$, les rotations étant positives des deux côtés de la bande, l'écart maximum avec le solvant étant d'environ un demi-degré. Ce résultat pourrait s'interpréter en admettant, suivant la théorie de Serber, soit que le tellure est dissous

sous forme Te^2 à l'état Σ, soit qu'il constitue une combinaison avec SO^3, par exemple $STeO^3$, la forme Te, proposée d'après certaines mesures cryoscopiques semblant en désaccord avec nos résultats.

OPTIQUE ÉLECTRONIQUE. — *Calcul de l'influence de la charge d'espace en optique électronique.* Note de M. **Maurice Cotte**, présentée par M. Louis de Broglie.

Considérons un grand nombre de corpuscules électrisés se déplaçant dans le vide sous l'action d'un champ électromagnétique indépendant du temps. Tant que la vitesse des corpuscules est faible, on peut négliger les interactions mutuelles des corpuscules dans le calcul du champ magnétique auquel ils sont soumis; par contre, le champ électrique est défini par une fonction $\varphi(x, y, z)$ prenant des valeurs données à l'avance sur les électrodes, et satisfaisant à l'intérieur de l'appareil à l'équation de Poisson

$$\Delta\varphi = -4\pi\rho(x, y, z), \tag{1}$$

$\rho(x, y, z)$ étant la densité électrique.

Adoptons les hypothèses suivantes :

1° Les corpuscules sont émis dans un système centré d'axe Oz par une petite surface plane normale à Oz au point $z = 0$.

2° Cette surface est de nature telle que le nombre de corpuscules qui sont contenus dans l'élément de volume $dx_0\,dy_0\,dz_0$ voisin du point x_0, y_0, 0, et dont les moments sont compris entre p_0 et $p_0 + dp_0$, q_0 et $q_0 + dq_0$, et r_0 et $r_0 + dr_0$ est $K(E)\,dx_0\,dy_0\,dz_0\,dp_0\,dq_0\,dr_0$.

3° Pour chaque valeur de l'énergie E, K(E) est constant si l'on a à la fois

$$x_0^2 + y_0^2 < a^2, \qquad p_0^2 + q_0^2 < b^2, \tag{2}$$

sinon K(E) est nul.

4° a et b sont des constantes assez petites pour que l'approximation de Gauss soit valable, c'est-à-dire pour que les valeurs de x, y, p, q, r au point z d'une trajectoire soient liées à x_0, y_0, p_0, q_0, E par les relations

$$\left\{\begin{array}{ll} x = u(z, E)x_0 + v(z, E)p_0, & y = u(z, E)y_0 + v(z, E)q_0, \\ p = m(z, E)x_0 + n(z, E)p_0, & q = m(z, E)y_0 + n(z, E)q_0, \end{array}\right. \tag{3}$$

$$r = \sqrt{2\mu[E - \varepsilon\varphi(0, 0, z)]}, \tag{4}$$

où μ désigne la masse, ε la charge du corpuscule.

La densité électrique au point x, y, z sera

$$(5)\qquad \rho(x, y, z) = \int \varepsilon \frac{\partial r}{\partial E} K(E)\, dE\, dp\, dq = \int \frac{\varepsilon\mu K(E)\, dE}{\sqrt{2\mu[E - \varepsilon\varphi(o, o, z)]}} \int dp\, dq,$$

l'intégrale $\int dp\, dq$ est étendue à l'aire $\Sigma(x, y, z)$ commune à deux cercles du plan pq, que les équations (3) résolues en x_0, y_0, p_0, q_0 font correspondre aux inégalités (2).

Supposons en outre que les corpuscules possèdent tous une énergie voisine de E_0, et soit e la valeur absolue de ε. Posons

$$(6)\qquad K = \int K(E)\, dE,$$

$$(7)\qquad e\Phi(z) = E_0 - \varepsilon\varphi(o, o, z).$$

L'intensité totale du courant transporté par les corpuscules est

$$(8)\qquad j = e\pi^2 a^2 b^2 K.$$

Utilisons pour le calcul de ρ cette relation ainsi qu'une expression un peu simplifiée pour Σ. En valeur absolue

$$(9a)\quad \rho = \sqrt{\frac{\mu}{2e\Phi}} \frac{j}{\pi^2 a^2 u^2}, \qquad \text{si, à la fois,} \quad a^2u^2 > b^2v^2, \quad x^2 + y^2 < a^2u^2,$$

$$(9b)\quad \rho = \sqrt{\frac{\mu}{2e\Phi}} \frac{j}{\pi^2 b^2 v^2}, \qquad \text{si, à la fois,} \quad a^2u^2 < b^2v^2, \quad x^2 + y^2 < b^2v^2,$$

$$\rho = 0, \qquad \text{dans les autres cas.}$$

Les relations (3) impliquent l'absence de champ magnétique imposé; la présence du champ magnétique H introduit quelques complications d'écritures dans (3), mais ne change pas la valeur de ρ.

Faisons, dans les équations des systèmes centrés, la substitution

$$(10)\qquad \xi = au\Phi^{\frac{1}{4}}, \qquad \eta = bv\Phi^{\frac{1}{4}}$$

et posons

$$\varkappa = jc^2\sqrt{\frac{\mu}{2e}},$$

nous trouvons

$$(11a)\qquad \xi'' + \left(\frac{3}{16}\frac{\Phi'^2}{\Phi^2} + \frac{e}{8\mu}\frac{H^2}{\Phi} - \frac{\varkappa}{\Phi\xi^2}\right)\xi = 0$$

$$(12a)\qquad \eta'' + \left(\frac{3}{16}\frac{\Phi'^2}{\Phi^2} + \frac{e}{8\mu}\frac{H^2}{\Phi} - \frac{\varkappa}{\Phi\xi^2}\right)\eta = 0$$

$$\text{si} \quad |\xi| > |\eta|,$$

et pour $|\xi| < |\eta|$, deux équations (11 *b*) et (12*b*), que l'on obtient en permutant ξ et η dans (11 *a*) et (12*a*).

Les équations (11) et (12) admettent l'intégrale première

$$\xi\eta' - \eta\xi' = \frac{ab}{\sqrt{2\mu e}} \tag{13}$$

qui permet de calculer une des inconnues ξ, η quand on connaît l'autre, et de déterminer les points z_1, z_2, ..., où l'on doit passer de l'équation (11 *a*) à l'équation (11 *b*) ou inversement.

Le calcul des trajectoires se ramènerait donc à la résolution d'une équation différentielle et à des quadratures si $\Phi(z)$ était connu. Mais $\Phi(z)$ dépend de la charge d'espace, si bien que nous devrons procéder par approximations successives : la méthode est facile à imaginer, et conduit à résoudre à chaque approximation le problème d'électrostatique posé par l'équation (1), et à redéterminer ξ, η et ρ; elle peut d'ailleurs s'adapter au cas de corpuscules non monocinétiques : il suffit de mettre dans les équations (11), (12), au lieu de $\varkappa/\xi^2$ ou de $\varkappa/\eta^2$, la valeur de ρ donnée par une approximation inférieure.

PHYSIQUE NUCLÉAIRE. — *Sur l'origine des moments quadrupolaires des noyaux atomiques.* Note [1] de M. **Jacques Solomon**, présentée par M. Paul Langevin.

L'étude des spectres de structure hyperfine a permis de découvrir un nombre assez important d'écarts à la règle d'intervalle [2]. Ces écarts peuvent s'interpréter commodément en assignant au noyau atomique, en dehors de son moment magnétique, un moment électrique quadrupolaire dont on peut ainsi calculer la valeur numérique. Ces valeurs numériques ($0,3.10^{-24}$ cm² pour ${}^{75}_{33}$As; $0,39.10^{-24}$ cm² pour ${}^{209}_{83}$Bi; $0,5.10^{-24}$ cm² pour ${}^{201}_{80}$Hg; $5,9.10^{-24}$ cm² pour ${}^{175}_{71}$Lu; $2,6.10^{-24}$ cm² pour ${}^{185}_{75}$Re, etc.) répondent bien à ce à quoi on doit s'attendre si l'on rapporte cet effet à un modèle de noyau où les protons ne sont pas distribués dans le noyau avec une symétrie sphérique en moyenne.

(1) Séance du 26 juin 1937.

(2) G. Racah, *Nuovo Cimento*, 8, 1931, p. 10; H. Casimir, *Physica*, 2, 1935, p. 719; H. Schuler et Th. Schmidt, *Z. Physik*, 94, 1935, p. 457; 95, 1935, p. 239; 98, 1935, p. 430; H. Schuler et H. Korsching, *Z. Physik*, 103, 1936, p. 434; 105, 1937, p. 168; H.-A. Bethe et R.-F. Bacher, *Rev. Mod. Phys.*, 8, 1936, en particulier p. 225-226.

Je voudrais ici préciser ce point. Le moment quadrupolaire est déterminé par

$$\mathrm{I} = \overline{(3z^2 - r^2)} \tag{1}$$

(moyenne prise sur les positions des particules nucléaires). On a évidemment

$$\mathrm{I} \leqq 2\overline{r^2}. \tag{2}$$

Supposons que l'asymétrie étudiée soit due à un seul proton se mouvant dans le champ résultant des autres particules nucléaires (approximation de Hartree). Soit o l'état fondamental du proton considéré. Dans la notation des matrices, (2) devient

$$\mathrm{I} \leqq 2(o \,|\, r^2 \,|\, o)$$

Or, en appliquant la règle de multiplication des matrices, on obtient

$$(o \,|\, r^2 \,|\, o) = \sum_j (o \,|\, r \,|\, j)(j \,|\, r \,|\, o) = \sum_j |(o \,|\, r \,|\, j)|^2,$$

où la sommation s'étend sur tous les états j. Comme, d'autre part on tire de la loi fondamentale de commutation de la mécanique quantique l'inégalité

$$|(o \,|\, r \,|\, j)|^2 \leqq \frac{h^2}{2\mathrm{M}(\mathrm{E}_j - \mathrm{E}_0)},$$

où h est la constante de Planck (divisée par 2π), M la masse du proton, E_j et E_0 les énergies des états j et o, on arrive à l'inégalité fondamentale

$$\mathrm{I} \leqq \frac{h^2}{\mathrm{M}} \sum_j \frac{1}{\mathrm{E}_j - \mathrm{E}_0}. \tag{3}$$

Pour aller plus loin, prenons tout d'abord le cas où le champ dans lequel se meut le proton est simplement un trou rectangulaire de potentiel aux murs infiniment élevés. Dans ces conditions ([3]), les niveaux d'énergie successifs sont en relation simple avec les zéros des fonctions de Bessel. Si R est le rayon du trou et l le nombre quantique orbital, on obtient ([4])

$$\mathrm{I} \leqq \mathrm{R}^2 \left[\frac{1}{2} \sum_l \frac{1}{l + \frac{3}{2}} + 0{,}34 \right],$$

([3]) F. Elsasser, *J. Phys.*, 4, 1933, p. 549.

([4]) Au moyen des formules dues à Rayleigh; cf. Watson, *Theory of Bessel functions*, p. 502.

expression divergente, mais en tenant compte de ce que les transitions avec forte variation du moment orbital sont exceptionnelles, on peut l'écrire

$$I \leqq R^2\left[\frac{1}{2}\log\left(\frac{2\overline{L}}{3}+1\right)+0,34\right],$$

où $\overline{L}$ représente un certain nombre quantique orbital dont le choix précis ne peut modifier sensiblement le résultat. En partant du modèle statistique du noyau ([5]), on obtient (A désignant la masse nucléaire)

$$I \leqq R^2\left[\frac{1}{2}\log\left(0,2A^{\frac{1}{3}}+0,66\right)+0,34\right],$$

soit, pour le cas du lutécium ($A=175$),

(4) $$I \leqq 2.18R^2.$$

D'autre part le modèle statistique du noyau nous donne l'inégalité

$$I \leqq \frac{2}{3\pi}R^2\left[2(\alpha_m-\alpha_0)+\alpha_0\log\frac{2\alpha_0(\alpha_m-\alpha_0)}{(\alpha_1-\alpha_0)(\alpha_m+\alpha_0)}\right],$$

où

$$\alpha_0^2=9,81,\qquad \alpha_1^2=20,24,\qquad \alpha_m=\left(\frac{9\pi A}{8}\right)^{\frac{1}{3}},$$

soit

$$I \leqq \tau R^2,$$

τ prenant les valeurs suivantes, en bon accord avec l'inégalité (4) :

τ	1,22	2,05	2,58
A	50	100	150

Réciproquement, on peut déduire des résultats expérimentaux sur I une limite inférieure pour R. En prenant l'exemple du lutécium

$$I=5,9.10^{-24}\ \text{cm}^2,$$

on tire de (4)

$$R \geqq 1,1.10^{-12}\ \text{cm},$$

alors que, d'après Gamow, on devrait avoir $R=0,82.10^{-12}$ cm et, d'après les recherches récentes de Bethe ([6]), $R=1,2.10^{12}$ cm.

Ceci nous montre que les rayons nucléaires supérieurs proposés par

([5]) H. A. Bethe, *Phys. Rev.*, 50, 1936, p. 332; J. Bardeau, *Phys. Rev.*, 51, 1937, p. 799.

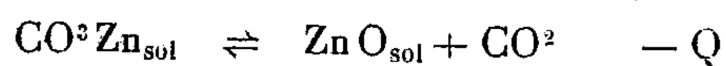
([6]) H. A. Bethe, *Phys. Rev.*, 50, 1936, p. 977.

Bethe permettent de ne pas exclure la possibilité que le moment quadrupolaire nucléaire soit dû à une particule nucléaire seulement, alors que cela est difficilement admissible en partant de la valeur donnée par Gamow.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur la dissociation du carbonate de zinc naturel, réaction qui fait intervenir une phase condensée mixte.* Note (¹) de M. **Maurice Dodé**, présentée par M. Georges Urbain.

J'ai montré (²) que, lorsque les produits condensés provenant de la dissociation d'un corps pur sont solubles dans celui-ci, la pression d'équilibre p du composé gazeux formé peut être reliée de façon simple à la composition de la phase condensée, à condition d'admettre que celle-ci se comporte comme une solution idéale.

L'oxyde de zinc et son carbonate naturel formant une série continue de cristaux mixtes, la dissociation du carbonate de zinc



$$CO^2Zn_{sol} \rightleftharpoons ZnO_{sol} + CO^2 \qquad - Q$$

doit être régie par la relation

$$K = p_{CO^2}\frac{(1 - N_1)}{N_1},$$

ce qui dônne, en calculant K au moyen de la formule de Nernst,

$$\text{(I)} \qquad \log p_{CO^2} = \frac{-Q}{4,57\,T} + 1,75 \log T + 3,5 + \log N_1 - \log(1 - N_1).$$

Centnerszwer (³) ayant déterminé les températures de dissociation de ce carbonate sous la pression atmosphérique, pour toute l'étendue de la solution solide, il est possible de calculer la valeur de Q au moyen des données d'une seule des expériences de cet auteur, puis de vérifier ensuite que la formule (I) permet bien de retrouver les autres résultats qu'il a obtenus.

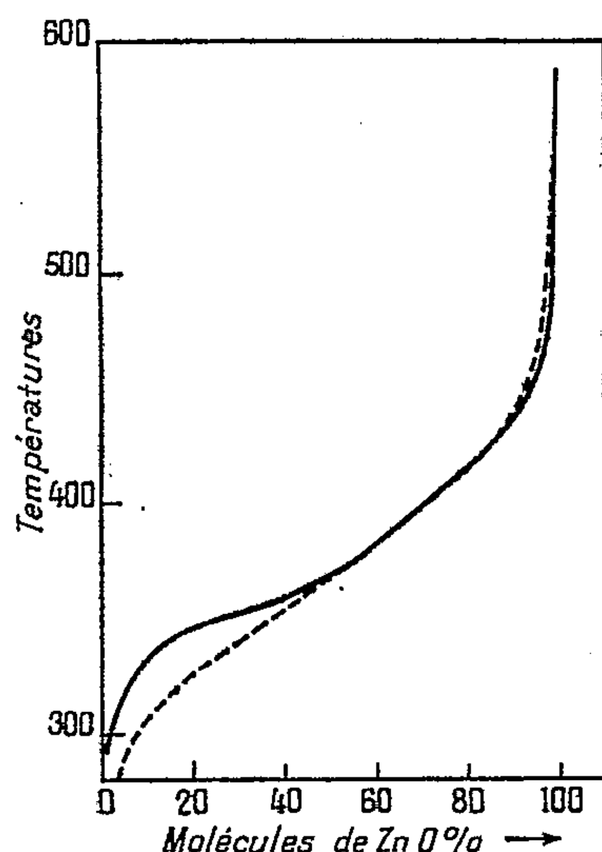
Afin de ne pas favoriser l'une des branches de la courbe au détriment de l'autre, j'ai fait le calcul de Q pour $N_1 = N_2 = 0,5$. On obtient ainsi

$$Q = 4,57 \times 641\,(1,75 \times 2,85 + 3,5) = 24,6.$$

En portant cette valeur dans l'équation (I), il est facile de calculer les

(¹) Séance du 7 juin 1937.
(²) *Comptes rendus*, 203, 1936, p. 1359.
(³) *J. Chim. Phys.*, 27, 1930, p. 9.

températures de dissociation du carbonate de zinc en fonction de la composition de la phase condensée. Les valeurs observées et calculées conduisent aux deux courbes ci-dessous. On voit que la concordance est très bonne.



Températures de dissolution du carbonate de zinc sous la pression atmosphérique.
Valeurs calculées ------; valeurs observées ———.

Certes, le fait d'avoir déterminé Q au moyen d'une des données expérimentales de Centnerszwer donne à ces deux courbes un point commun. Mais il est facile de voir qu'une modification, même relativement importante de la valeur de Q n'aurait pour effet que de déplacer la courbe théorique parallèlement à elle-même, sans en changer sensiblement la forme.

La quasi superposition de ces deux courbes nous permet donc de conclure que l'équation (I) représente le phénomène de façon satisfaisante. Elle permet aussi d'affirmer que le caractère particulier des équilibres hétérogènes comportant des phases condensées mixtes doit bien être attribué aux modifications que subissent les potentiels chimiques des composés condensés, du fait de leur dilution dans une phase homogène.

Il ne me paraît pas inutile d'attirer à nouveau l'attention sur l'importance considérable des phénomènes de miscibilité. Ainsi, bien que nous soyons ici dans un cas où l'influence de la miscibililité est la plus faible ($n_1 = n_2 = 1$), nous voyons que la dissociation du carbonate de zinc sous la pression atmosphérique s'étend sur une zone de plus de 250°, alors qu'elle s'effectuerait à température constante si les phases condensées étaient constituées par des corps purs.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Tension de vapeur des carbures gazeux saturés aux basses températures en présence de gel de silice.* Note [1] de M. **René Delaplace**, présentée par M. Jean Perrin.

J'ai décrit une technique permettant de déterminer les très faibles tensions de vapeur des carbures saturés gazeux aux basses températures [2]. J'ai cherché alors, en vue d'une séparation quantitative de ces carbures, quelle était leur tension aux basses températures en présence de gel de silice. L'appareil utilisé a été décrit précédemment : le tube laboratoire contenait trois grammes de gel de silice séché dans le vide à 150°. Les courbes de tension de vapeur ont été déterminées :

1° en réchauffant le gaz liquéfié ou adsorbé sur le gel;
2° en refroidissant le gaz sur le gel de silice.

Dans les deux cas, en opérant lentement pour atteindre l'équilibre des tensions sur le gel de silice, j'ai trouvé des courbes qui coïncidaient.

Les volumes de gaz utilisés étaient de quelques centimètres cubes.

Les résultats obtenus sont consignés dans le tableau suivant :

Méthane.		Éthane.		Propane.		Isobutane et butane normal.		
Température.	Pression en baryes.	Température.	Pression en baryes.	Température.	Pression en baryes.	Température.	Pression en baryes.	
−171	0,5	−122	1	−95	0,25	−75	0,25	–
−170	0,75	−120	2	−90	1	−70	1	–
−165	1	−115	4	−85	2,5	−65	2	0,5
−160	2	−110	6	−80	4	−60	3	1,5
−155	4	−105	8	−75	5	−55	4	3
−150	10	−100	10	−70	7,5	−50	5,5	4,5
−145	24	− 95	14,5	−65	11	−45	8,5	7
−140	40	− 90	23,5	−60	17	−40	14	11,5
−135	95	− 85	40	−55	26	−35	20,5	16
		− 80	66	−50	40	−30	29	23
		− 75	91	−45	57	−25	40,5	33
				−40	79			

On remarquera, en suivant la méthode générale d'analyse que j'ai

(1) Séance du 21 juin 1937.

(2) *Comptes rendus*, 204, 1937, p. 493.

indiquée ([3]), qu'il est ainsi très facile, en présence de gel de silice, de séparer quantitativement le méthane de l'éthane, l'éthane du propane, le propane du couple isobutane-butane normal. La séparation du butane normal de l'isobutane ne peut s'effectuer par ce moyen physique.

L'expérience m'a montré que l'hydrogène se séparait quantitativement de l'ensemble des carbures saturés ci-dessus à — 192° en présence de gel de silice. Pour compléter cette technique analytique, j'étudie la séparation des constituants du groupe méthane — azote-oxygène-oxyde de carbone.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Essais de corrosion sur magnésium et alliages ultra-légers protégés par des dépôts de surface.* Note de M. **Jean Cournot** et Mlle **Louise Halm**, présentée par M. Léon Guillet.

Cette étude est une suite de celle déjà présentée sur les méthodes d'essais à la corrosion du magnésium et des alliages ultra-légers non protégés ([1]). Nous avions ici à comparer les principaux modes de protection superficielle.

I. Essais sur magnésium et alliages ultra-légers laminés.

Décapage initial. — Soit sablage simple (S) effectué comme indiqué dans la précédente Note, soit sablage et immersion de 30 secondes dans une solution aqueuse d'acide nitrique à 10 pour 100 (SN), puis lavage rapide et séchage.

Méthodes de protection. — Nous avons employé les cinq méthodes connues ci-après :

Méthode A (Fournier) ([2]). — Immersion de 2 minutes dans une solution bouillante contenant 15 pour 100 d'anhydride chromique et une faible quantité d'acide sulfurique (bain A_1, $1^g,7$ par litre; bain A_2, $2^g,2$ par litre; bain A_3, $2^g,5$ par litre), lavage et séchage.

Méthode B (Lewis et Evans) ([3]). — Immersion de 8 minutes dans une solution froide contenant 5 pour 100 de sulfate de zinc et 5 pour 100 de nitrate d'ammonium, lavage et séchage.

Méthode C (Sutton et Le Brocq) ([4]). — Immersion de 30 minutes dans

([3]) *Comptes rendus*, 204, 1937, p. 768.

([1]) J. Cournot et L. Halm, *Comptes rendus*, 204, 1937, p. 1333.

([2]) *Rapports de la Commission française de corrosion*, 5, 1932-33-34, p. 51.

([3]) *Journ. of the Inst. of Metals*, 57, 1935, p. 221.

([4]) *Journ. of the Inst. of Metals*, 46, 1931, p. 53, et 57, 1935, p. 343.

une solution bouillante contenant 1,5 pour 100 de bichromate de potassium et 1,5 pour 100 de sulfate de sodium, lavage et séchage.

Méthode D (Sutton et Le Brocq) (4). — Immersion de 45 minutes dans une solution bouillante contenant 0,75 pour 100 de bichromate de potassium, 0,65 pour 100 de bichromate d'ammonium, 3 pour 100 de sulfate d'ammonium en poids, et 33 pour 100 d'ammoniaque en volume, lavage et séchage.

Méthode E (Bengough et Whitby) (5). — Immersion de 8 minutes dans une solution froide contenant 10 pour 100 d'acide arsénieux (E_1), ou 10 pour 100 d'acide arsénieux et 0,3 pour 100 de chlorure de sodium (E_2), lavage et séchage.

Méthodes d'essais. — Les corrosions ont été réalisées en immersion totale dans une solution aqueuse de chlorure de sodium à 3 pour 100, à la température ordinaire; la vitesse initiale d'attaque a été déterminée par mesure du dégagement gazeux, ainsi que la perte de poids après 72 heures.

Résultats. — Le tableau ci-après donne les pertes de poids en grammes par mètre carré.

Protection	Sans.	A_1.	A_2.	A_3.	B.		C.		D.		E_1.	E_2.
Décapage initial	S.	S.	S.	S.	S.	SN.	S.	SN.	S.	SN.	SN.	SN.
Mg 99,8 %	835	–	202	118	306	183	655	378	465	121	141	150
Alliage 6 % Al + 1 % Zn + 0,4 % Mn	760	90	49	42	337	242	272	196	242	108	56	64
Alliage 1,8 % Mn	770	12	115	51	288	91	360	192	296	47	150	139

On voit que le décapage nitrique après sablage donne, à égalité de traitement ultérieur, des résultats nettement supérieurs à ceux du sablage seul. Le magnésium, insuffisamment pur, a présenté des corrosions élevées. Les méthodes de protection les meilleures sont A, E, puis D; l'immersion A en solution sulfochromique a l'avantage d'être simple, rapide et de donner un bel aspect de surface.

La teneur optimum en acide sulfurique de ces solutions sulfochromiques doit être très exactement établie pour chaque alliage; c'est ainsi que pour les deux alliages ultra-légers ci-dessus, nous avons été amenés à tracer les courbes des pertes de poids en fonction de la teneur du bain de protection en acide sulfurique; elles passent par un minimum très net, pour 2,6 gr/litre pour le premier alliage et 1,6 gr/litre pour le second.

---

(5) *Journ. of the Inst. of Metals*, 48, 1932, p. 147, et 52, 1933, p. 85.

II. Essais sur alliages ultra-légers a l'état brut de coulée.

Préparation initiale. — Soit sablage seul (S), soit sablage et immersion de 30 secondes dans une solution aqueuse d'acide nitrique à 10 pour 100 (SN), soit sablage et immersion de 2 minutes dans la solution A_5 à 15 pour 100 d'anhydride chromique et 1 gr/litre d'acide sulfurique (SA_5), puis lavage rapide et séchage.

Méthode de protection. — Les méthodes B, C, D et E_2 indiquées ci-dessus ont été à nouveau employées ici. Quant à la méthode A, les teneurs optima en acide sulfurique ont été déterminées pour chaque alliage (A_4 : 2,0 gr/litre; A_5 : 1,8 gr/litre; A_6 : 1,6 gr/litre).

Mode d'essai. — Le même que ci-dessus.

Résultats. — Consignés dans le tableau ci-après (pertes de poids en gr/m²) :

Protection	A.	B.		C.		D.		E_2.	
Décapage initial	S.	SN.	SA_5.	SN.	SA_5.	SN.	SA_5.	SN.	SA_5.
Alliage 6 % Al + 3 % Zn + 0,4 % Mn...	60 (A_4)	185	61	95	25	158	48	42	35
» 4 % Al + 3 % Zn + 0,4 % Mn...	75 (A_5)	175	53	90	34	80	37	41	33
» 3 % Al + 1 % Zn + 0,4 % Mn...	77 (A_6)	156	35	57	19	64	20	42	37
» 10 % Al + + 0,4 % Mn...	477 (A_4)	630	400	330	500	610	340	167	230

Le quatrième alliage donne des corrosions très vives. En ce qui concerne les autres alliages, le traitement initial en bain sulfochromique, suivi d'un deuxième traitement, donne très nettement les résultats les meilleurs; et si l'on considère l'ensemble des deux modes de préparation initiale, c'est le traitement final E_2 à l'acide arsénieux qui paraît le plus sûr.

Nous poursuivons nos recherches en essayant d'améliorer les bains ci-dessus étudiés ou d'en trouver de plus efficaces.

CHIMIE MINÉRALE. — *Chlorocarbonate basique de magnésium.* Note (1) de Mme **Léone Walter-Lévy**, transmise par M. Georges Urbain.

Nous avons précédemment établi l'existence et la formule des sels basiques $SO^4Mg, 2CO^3Mg, Mg(OH)^2, 6H^2O$ (2) et $SO^4Mg, 3Mg(OH)^2$,

(1) Séance du 21 juin 1937.

(2) Mme L. Walter-Lévy, *Comptes rendus*, 202, 1936, p. 1074; *Thèse*, Paris, 1936.

$8H^2O$ (3). Ces composés prennent naissance dans les solutions très concentrées de sulfate de magnésium par addition de faibles quantités de carbonate et de bicarbonate de potassium. Le premier sel précipite à l'ébullition et le deuxième cristallise lentement dans les eaux mères du sulfatocarbonate abandonnées à la température ordinaire.

Au cours d'une réaction semblable, dans laquelle le chlorure de magnésium est substitué au sulfate de magnésium, nous avons pu isoler les deux sels Cl^2Mg, $2CO^3Mg$, $Mg(OH)^2$, $6H^2O$ et Cl^2Mg, $3Mg(OH)^2$, $8H^2O$ (4), dont les formules sont analogues à celles des composés cités plus haut; deux atomes de chlore y remplacent le radical SO^4.

Nous avons défini le chlorocarbonate basique en déterminant des paliers de composition fixe en fonction de la concentration des réactifs mis en œuvre dans les doubles décompositions. Celles-ci ont été réalisées en versant goutte à goutte une solution de carbonate de potassium dans une solution de chlorure de magnésium soumise à l'ébullition et à une agitation mécanique; cette ébullition et cette agitation ont été maintenues pendant une heure. Les précipités formés ont été lavés à l'alcool et séchés à l'air.

Nous donnons dans le tableau ci-contre les résultats relatifs à l'examen chimique et rœntgénographique des phases solides ainsi obtenues.

Ces données justifient bien la formule Cl^2Mg, $2CO^3Mg$, $Mg(OH)^2$, $6H^2O$ attribuée au composé de spectre E, pour laquelle les rapports stœchiométriques considérés seraient respectivement égaux à 0,500, 0,250 et 1,75.

Ces résultats permettent en outre de délimiter les zones de formation du chlorocarbonate basique. La concentration des solutions de chlorure de magnésium doit être comprise entre 5 et 3 mol/lit. Au-dessous de 3 mol/lit les précipités présentent le spectre A de l'hydromagnésite et une composition voisine de celle de ce composé. La concentration du carbonate de potassium peut varier dans de larges limites : de 0,1 à 5 mol/lit. Les quantités de carbonate de potassium mises en œuvre restent faibles et diminuent avec la concentration des solutions de chlorure de magnésium; elles peuvent atteindre 0,25 mol/lit de solution très concentrée de chlorure de

(3) Mme L. Walter-Lévy, *loc. cit.*, et *Comptes rendus*, **202**, 1936, p. 1857; voir aussi Mlle M.-L. Delyon, *Bulletin de la Société chimique*, 3, 1936, p. 1811; *Thèse*, Paris, 1937.

(4) C. R. Bury et R. H. Davies, *Journal of the Chemical Society of London*, **135**, 2, 1932, p. 2009; voir aussi Chassevent, *XIVe Congrès de Chimie industrielle*, Paris, 1, 1934.

magnésium (5 mol/lit); pour les solutions moins concentrées (3 mol/lit), l'addition de 0,10 mol/lit de carbonate de potassium entraine déjà la formation d'hydromagnésite.

Composition des solutions initiales.				Examen des précipités.			
Solution de carbonate ou de bicarbonate.			Solution de Cl^2Mg.		Composition chimique.		
Nature.	Concentration en mol/lit.	Volume en cm³.	Volume d'eau ajouté à 1 kg de $Cl^2Mg, 6H^2O$.	Spectres de rayons X.	$\frac{CO^2}{Mg}$.	$\frac{Cl^2}{Mg}$.	$\frac{H^2O}{Mg}$.
CO^3K^2	1	50	300	E	0,494	0,243	1,84
	1	50	400	E	0,502	0,240	1,81
	1	50	500	E	0,494	0,244	1,77
	1	50	600	E	0,500	0,249	1,83
	1	50	700	E	0,501	0,250	1,79
	1	60	800	E	0,499	0,245	1,78
	1	70	900	E	0,544	0,189	1,60
	1	100	1000	E	0,547	0,217	1,75
	1	100	1200	A	0,738	0,022	1,39
	1	100	1500	A	0,767	0,025	1,22
	0,1	500	300	E	0,504	0,249	1,76
	3	50	500	E	0,505	0,240	1,78
	5	50	500	E	0,505	0,264	1,92
	1	100	500	E	0,504	0,250	1,76
	1	150	500	E	0,500	0,252	1,87
	1	150	1000	A	0,796	0,012	1,30
CO^3HK	2	50	300	E	0,499	0,251	1,78
	2	50	700	E	0,501	0,245	1,79
	2 (5)	100	400	E	0,499	0,248	1,74
	2 (5)	100	500	E	0,499	0,247	1,74
$(CO^3H)^2Mg$	0,30	200	200	E	0,496	0,247	1,73

Le chlorocarbonate basique prend encore naissance si l'on remplace les solutions de carbonate de potassium par des solutions de bicarbonate de potassium ou de bicarbonate de magnésium.

Dans les solutions mères du chlorocarbonate, le chlorure basique Cl^2Mg, $3Mg(OH)^2$, $8H^2O$ précipite lentement à la température ordinaire. Il est

(5) Pour ces deux essais la technique opératoire a été légèrement modifiée : les solutions réagissantes ont été mélangées à 70° et précipitées à 100°. Dans ces conditions, l'homogénéité des préparations, constituées de longues aiguilles, peut être vérifiée au microscope. Les rapports stœchiométriques cadrent alors à moins de 1 pour 100 près avec les rapports théoriques.

mélangé à de la carnallite dans les solutions concentrées et se présente à l'état de pureté dans les solutions moyennement concentrées.

Il y a donc parallélisme très net dans l'action des solutions de carbonate et de bicarbonate de potassium sur les solutions de sulfate et de chlorure de magnésium : formation de précipités mal définis où domine l'hydromagnésite dans les solutions moyennement concentrées, formation de chloro- ou de sulfatocarbonate basique et de chlorure ou de sulfate basique dans les solutions très concentrées.

Cependant il convient de signaler que nous n'avons pas retrouvé jusqu'ici, pour le chlorocarbonate, une hydrolyse analogue à celle qui aboutit à la formation du sulfate basique $SO^4Mg, 5Mg(OH)^2, 3H^2O$ (6). En prolongeant la durée de la réaction donnant naissance au chlorocarbonate, nous n'avons en effet observé qu'une dissolution lente de ce dernier composé.

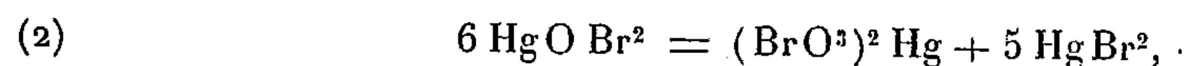
CHIMIE MINÉRALE. — *Sur l'action du brome sur l'oxyde mercurique jaune*. Note de MM. **M. Lemarchands** et **P. Pierron**, présentée par M. Georges Urbain.

Quand il agit sur l'oxyde mercurique jaune, le brome est capable de donner un composé d'addition suivant la réaction



$$(1) \qquad HgO + 2Br = HgOBr^2.$$

Ce composé est transitoire, car en même temps qu'il se forme, il se décompose sous l'effet même du brome



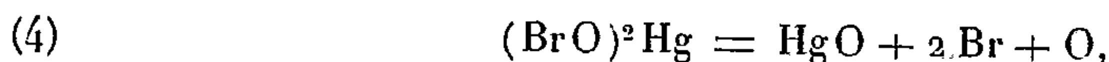
$$(2) \qquad 6HgOBr^2 = (BrO^3)^2Hg + 5HgBr^2,$$

en donnant du bromate et du bromure mercurique



$$(3) \qquad 2HgOBr^2 = (BrO)^2Hg + HgBr^2$$

et



$$(4) \qquad (BrO)^2Hg = HgO + 2Br + O,$$

avec fonction de bromure, d'hypobromite et d'oxygène, ou simplement de bromure et d'oxygène.

Les réactions (1), (2), (3), (4), qui se produisent toutes sous l'effet du

(6) Mme Walter-Lévy, *Comptes rendus*, 202, 1936, p. 1857.

brome, ont des vitesses relatives qui varient suivant la concentration de cet élément et suivant la forme physique sous laquelle il se trouve.

Si le brome agit à l'état de vapeur sur HgO en excès, ce qui revient à opérer avec des vapeurs de brome en faible quantité, le composé transitoire $HgOBr^2$ se forme, sa teneur atteint une certaine valeur; il se décompose suivant la réaction (2) et les réactions (3) et (4), mais comme la vitesse de (4) est plus rapide que celle de (3), l'hypobromite qui prend naissance est entièrement décomposé, de sorte qu'aux différents stades de la bromuration, le mélange bromé obtenu, est constitué par HgO non attaqué, $HgBr^2$, $(BrO^3)^2Hg$ et $HgOBr^2$. A la fin de la bromuration, nous obtenons un mélange de $HgBr^2$ et $(BrO^3)^2Hg$.

Si l'on brome au contraire avec des vapeurs de brome en excès, tout se passe comme dans le cas précédent, mais la réaction (4) est moins rapide que la réaction (3), de sorte qu'à chaque stade de la bromuration, le mélange bromé obtenu contient HgO non attaqué, $HgBr^2$, $(BrO^3)^2Hg$, $HgOBr^2$ et de l'hypobromite. A la fin de l'opération, on a un mélange de $HgBr^2$ et de $(BrO^3)^2Hg$.

Si l'on opère la bromuration par agitation de l'oxyde mercurique avec une solution de Br dans le CCl^4, la décomposition du $HgOBr^2$ en bromate suivant la réaction (2) ne se fait presque pas, mais il se produit la réaction (3) suivie, non pas de la réaction (4) mais de la dissociation



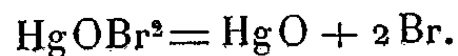
$$(BrO)^2Hg \rightleftharpoons HgO + Br^2O;$$

à la fin de l'opération il reste $HgBr^2$ contenant une faible quantité de bromate.

Si l'on emploie du Br liquide, la réaction est immédiate, exothermique; il se dégage de l'oxygène; le mélange bromé obtenu contient HgO non attaqué, du bromate, du bromure et une très faible quantité d'hypobromite et de $HgOBr^2$.

Si le Br agit à l'état liquide et sous 150^{kg} de pression d'oxygène, la réaction est immédiate, et l'on recueille $HgBr^2$ pur bien cristallisé.

Remarque. — La démonstration de l'existence du corps $HgOBr^2$ est basée sur la propriété qu'il a de se dissocier sous vide à 65° en donnant



$$HgOBr^2 = HgO + 2Br.$$

Nous avons constaté que la libération de deux atomes de brome donnait une molécule de HgO.

Comme l'hypobromite se dissocie également dans le vide, nos résultats

auraient pu être altérés, nous avons fait l'étude des propriétés de $HgOBr^2$ dans les mélanges exempts d'hypobromite, c'est-à-dire ceux qui sont obtenus par l'action des vapeurs de brome sur l'oxyde mercurique en excès.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur la décomposition thermique des αα'-diéthoxy-diacides.* Note de M. **Maxence Meyer**, présentée par M. Marcel Delépine.

J'ai indiqué ([1]) une méthode générale de préparation des αα'-diéthoxy-diacides de formule



$$HOOC.CHOC^2H^5.(CH^2)^n.CHOC^2H^5.COOH$$

et j'ai préparé par cette méthode les acides diéthoxy-pimélique, diéthoxy-subérique et diéthoxy-tétradécane-dicarbonique pour lesquels les valeurs de n sont respectivement 3, 4 et 10.

On a montré d'autre part ([2]) que les alpha-éthoxyacides, de formule $R.CHOC^2H^5.COOH$, se décomposent en aldéhyde R.CHO, alcool éthylique et oxyde de carbone, quand on les chauffe à la température de 280°. J'ai essayé de préparer de la même façon des dialdéhydes de formule $OHC.(CH^2)^n.CHO$ à partir des diéthoxy-diacides précédents. La réaction s'écrit



$$HOOC.CHOC^2H^5.(CH^2)^n.CHOC^2H^5.COOH = OHC.(CH^2)^n.CHO + 2C^2H^5OH + 2CO.$$

Dans le même ordre d'idées, M. Le Sueur ([3]) avait essayé de préparer la dialdéhyde subérique par décomposition thermique de l'acide αα'-dioxy-sébacique, puis de l'acide αα'-diacétoxy-sébacique. Il n'avait obtenu dans les deux cas qu'une dialdéhyde impure avec de mauvais rendements.

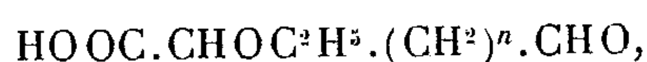
On verra que, dans le cas des diéthoxy-diacides, les résultats varient avec la nature de l'acide décomposé et ne sont en général pas meilleurs.

Pour effectuer la décomposition, on distille le diacide à la pression ordinaire. Le mélange complexe obtenu est fractionné, puis on combine à la semicarbazide les fractions qui contiennent des produits aldéhydiques. Ces produits sont constitués d'une part par la dialdéhyde et peut-être aussi

---

([1]) M. Meyer, *Comptes rendus*, 203, 1936, p. 1370.
([2]) G. Darzens et M. Meyer, *Comptes rendus*, 196, 1933 p. 489; M. Meyer, *Comptes rendus*, 204, 1937, p. 508.
([3]) Le Sueur, *Society*, 91, 1907, p. 1368.

par un peu de monoaldéhyde acide de formule

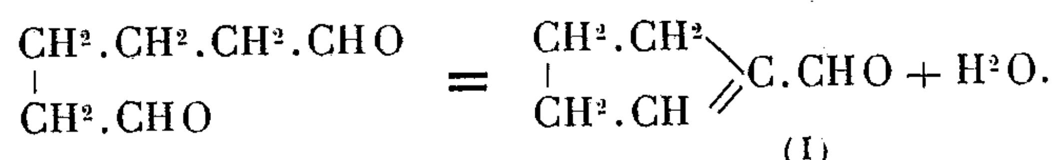


$$HOOC.CHOC^2H^5.(CH^2)^n.CHO,$$

provenant d'une décomposition incomplète. La semicarbazone obtenue est ensuite purifiée par cristallisation, puis analysée.

L'acide diéthoxy-pimélique se décompose en donnant seulement des traces de produits aldéhydiques qui se combinent à la semicarbazide, mais les rendements obtenus étaient très faibles et ne m'ont pas permis de purifier la semicarbazone obtenue.

La décomposition de l'acide diéthoxy-subérique donne un liquide qui bout à 60°-65° sous 15^{mm} et dont la semicarbazone a une composition qui correspond à celle du cyclopentène-méthylal de formule (I). Ce résultat s'explique par le fait que l'hexanedial formé se cyclise sous l'influence de la chaleur avec perte d'une molécule d'eau



$$\begin{matrix} CH^2.CH^2.CH^2.CHO \\ | \\ CH^2.CHO \end{matrix} = \begin{matrix} CH^2.CH^2 \\ | \\ CH^2.CH \end{matrix} \!\!> C.CHO + H^2O. \quad (I)$$

La semicarbazone du cyclopentène-méthylal a été préparée par Bæyer et Liebig [4], puis par Wohl et Schweitzer [5] qui indiquent un point de fusion compris entre 208° et 209°. J'ai trouvé un point de fusion de 222° (bloc Maquenne).

Par fractionnement des produits de décomposition de l'acide diéthoxy-tétradécane dicarbonique on sépare un liquide bouillant à 128°-130° sous 4^{mm}, et ayant une odeur très tenace d'aldéhyde grasse supérieure. Il donne une semicarbazone fondant à 202° après plusieurs lavages à l'alcool éthylique (dans lequel elle est insoluble) et une recristallisation dans l'acide acétique anhydre. C'est la disemicarbazone de $CHO.(CH^2)^{10}.CHO$ contenant peut-être un peu de semicarbazone de la monoaldéhyde acide car le taux d'azote se révèle un peu faible à l'analyse.

Le rendement en dialdéhyde est de l'ordre de 20 pour 100.

On voit donc qu'il se fait bien des dialdéhydes dans la décomposition thermique des $\alpha\alpha'$-diéthoxydiacides, mais que les rendements ne sont pas assez élevés pour que ce mode de formation des dialdéhydes puisse constituer une méthode de préparation.

---

(4) *Ber. d. chem. Ges.*, **31**, 1898, p. 2108.
(5) *Ber. d. chem. Ges.*, **39**, 1906, p. 897.

GÉOLOGIE. — *Sur les accidents majeurs du pays cristallin du Rouergue et de l'Albigeois*. Note de M. **Julien Durand**, présentée par M. Charles Jacob.

Le pays cristallin entre le Golfe de Rodez et la Montagne Noire est partiellement limité par des dislocations d'âge secondaire ou tertiaire [faille de Villefranche-de-Rouergue, faille de Cèzes à Valzergues (1)]; il est découpé par de nombreuses cassures des mêmes périodes, orientées N-S ou E-W, en panneaux qui ont été basculés avec dénivellations dépassant une centaine de mètres; mais les divisions majeures sont dues à des accidents antéstéphaniens qu'on peut repérer, soit directement par leur empreinte sur les roches, soit indirectement par les changements d'ensemble dans le mode ou le degré de métamorphisme, ou encore l'orientation de la schistosité.

Ces accidents sont en général remarquablement rectilignes et ont marqué les roches sur des largeurs de plusieurs kilomètres; ce qui porte à croire qu'il s'agit de grands décrochements (*paraphores* de Von Seidlitz). Les deux principaux sont : 1° la zone phyllonitique Broquiès-Réquista-Lédergues; 2° la zone Decazeville-Carmaux-Réalmont, prolongeant le grand sillon houiller.

I. La zone Broquiès-Lédergues, recouverte par le houiller du Bassin de Brousse jusque vers Connac, s'allonge vers le Nord-Ouest sur une largeur de 2 à 3^{km} et une longueur d'une quinzaine de kilomètres; elle est suivie, à partir de Réquista, par la vallée du Giffou et nous l'appellerons aussi : zone du Giffou. Elle est caractérisée par des micaschistes à clivage remarquablement plan, vertical ou subvertical, de direction WNW à NW. L'observation sur le terrain montre que ce clivage régulier recoupe des plissotements intenses parfois bien marqués par des filets de quartz : on est en présence de phyllades résultant de la mylonitisation d'anciens schistes cristallins que Sander a proposé de dénommer *phyllonites*.

On trouve, au milieu de ces phyllonites, des amas lenticulaires concordants de roches feldspathiques, à limites tantôt nettes, tantôt confuses : l'affleurement le plus important s'étend sur 6^{km} de longueur et 1^{km} de largeur au Nord-Est de Réquista; la comparaison des roches des divers amas montre qu'il s'agit de roches granitiques déformées à des degrés divers (2).

---

(1) Y. Boisse de Black, *Le Détroit de Rodez et ses bordures cristallines*, Paris, 1933.

(2) Ce sont ces roches que nous avons signalées comme mylonites de granulite dans une Note avec A. Michel-Lévy (*Comptes rendus sommaires de la Société géologique de France*, 1932, p. 32). Dans une Note récente, A. Demay les dénomme *diaphtorites*, avec une interprétation voisine de celle exposée ici (*ibid.*, 1937, p. 117).

II. Le prolongement du grand sillon houiller, de Decazeville à Réalmont, est caractérisé dans l'ensemble par la direction Nord-Sud de la schistosité qui, sur une largeur atteignant une quinzaine de kilomètres et particulièrement entre La Salvetat-Carmaux-Réalmont à l'Ouest et Naucelle-Ambialet à l'Est, s'oppose de façon frappante à la direction des schistes extérieurs qui est plutôt Est-Ouest.

Les limites sont souvent marquées par des alignements de mylonites ou de schistes très froissés, mais elles sont parfois imprécises, et l'épaisseur variable intéressée par l'accident est difficile à déterminer.

Les bassins houillers de Decazeville, Carmaux, Albi, Réalmont se placent dans cette zone, où des dépressions furent creusées par suite de la moindre résistance à l'érosion des roches déformées.

C'est également dans cette zone que paraissent se localiser des injections tardives de roches peu déformées, à savoir : des diabases ophitiques (sud de la feuille d'Albi) avec auréoles d'adinoles et spilosites; des dykes de granites (Saint-Lieux-la-Fenasse près Réalmont) et de microgranites accompagnées de filons de quartz, de silicification des schistes (Puech-de-Rouet, Puy-Saint-Georges, Saint-Grégoire, vallée du Lézert, et d'un accroissement du degré de métamorphisme.

Des deux accidents ci-dessus, le sillon houiller paraît avoir joué le dernier. Le pays cristallin est subdivisé par eux en trois régions de structures différentes.

GÉOLOGIE. — *Sur l'existence du Néogène supérieur à Cycloclypeus aux îles Epi et Malekula (Nouvelles-Hébrides).* Note de MM. **René Abrard** et **Edgar Aubert de la Rüe**, présentée par M. Charles Jacob.

Au cours d'un voyage aux Nouvelles-Hébrides, effectué en 1935, l'un de nous, E. Aubert de la Rüe, a découvert des formations fossilifères dont l'étude fait l'objet de la présente Note.

Sur la côte nord-ouest de l'île Epi, au lieudit Marawe, sous le village de Yapuna, entre la baie de Ringdove au Nord et celle du Iemiu au Sud, s'observe un affleurement de calcaire tufacé, situé à 15^m du rivage, avec niveau fossilifère entre les cotes $+2$ et $+5$. Ce calcaire renferme de très nombreux *Cycloclypeus* extrêmement voisins de *C. Carpenteri* Brady, espèce actuelle et connue du Quaternaire (1). On y reconnaît les formes A

(1) Yabe et Hanzawa, *Scienc. Report of the Tohoku Imp. Univ. Sendai*, Japan, 2e série (Géol.), 7, n° 2, 1925, 28 pages.

et B. Cette formation paraît horizontale et suporte des calcaires coralliens.

A quelques centaines de mètres au Sud, en suivant la côte, apparaissent des tufs volcaniques sous-marins avec débris organiques s'élevant jusqu'à la cote + 15, surmontés par un conglomérat de $0^m,50$ et par des calcaires coralliens sensiblement horizontaux.

A une dizaine de kilomètres au sud du gisement de Marawe, également sur la côte ouest d'Epi, dans la partie nord de la baie de Foreland, à environ 1^{km} au Nord-Nord-Est du Cap Foreland, entre la rivière Vovu au Sud et Bancovia au Nord, s'observe une falaise constituée à la base par des calcaires tufacés, assez semblables à ceux de Marawe, qui renferment entre les côtes + 20 et + 25 un niveau fossilifère. On y rencontre *Cycloclypeus* aff. *Carpenteri Brady* et de nombreux Mollusques qui peuvent être répartis en plusieurs groupes :

1° Formes actuelles indo-pacifiques : *Pecten pallium* Lmk., *Spondylus candidus* Lmk., *Arca* (*Acar*) *plicata* Chemn., *Cardium orbita* Sow., *Meiocardia Moltkeana* Splgr., *Oliva utriculus* Gmelin, *Conus tulipa* L., *Cheilea equestris* L., *Natica* (*Polinices*) *mamillaris* L.

2° Formes signalées par Ladd dans les formations récentes de Viti Levu (²) : *Pecten* (*Pallium*) *waluensis* Hertlein, (*Pectunculus* sp. B (Ladd p. 165, Pl. 24, fig. 10), *Venus* (*Antigona*) *vitiensis* Ladd.

3° Espèces du Miocène de Java : *Arca tjidamarensis* Martin, *Conus* cf. *ngavianus* Martin.

4° Espèce paraissant nouvelles : *Pecten* sp., *Plicatula* sp., *Lima* sp., *Arca* 2 sp., *Cardita* sp., *Meretrix* sp., *Cardium* (*Fragum*) nov. sp., aff. *Victor* Ang., *C.* (*Laevicardium*) nov. sp., *C.* (*Nemocardium*) nov. sp., *Venus* nov. sp. aff. *marica* L., *V.* (*Antigona*) nov. sp., *Conus* sp., *Cypraea* sp., *Triforis* sp., *Tenagodes* sp., *Trochus* sp.

Le fait que certaines espèces du quatrième groupe sont très différentes des formes actuelles et la présence d'*Arca tjidamarensis* conduisent à penser que le gisement de Foreland peut se situer près de la limite Miocène-Pliocène. Comme ceux de Marawe, les calcaires tufacés de Foreland ne présentent pas de stratification nette et sont surmontés par des calcaires coralliens. La partie sud de la baie, au sud de la rivière Vovu, est formée par des tufs volcaniques sous-marins, avec débris organiques identiques à ceux du sud du gisement de Marawe, surmontés par un banc de calcaire

---

(²) Harry S. Ladd, *Geology of Viti Levu, Fiji. Bernice P. Bishop Museum* (*Bull.*, 119, Honolulu, Hawaï, 1934).

corallien recouvert par d'autres tufs volcaniques. Au Cap Foreland, un observateur antérieur, D. Mawson [3], n'a pas signalé de calcaires comparables à ceux décrits plus haut.

Sur la côte orientale de l'île de Malekula, à 500^m environ au sud du mouillage d'Aulua, à 10^m du rivage, une falaise est constituée, de la cote 0 à la cote + 12, par des calcaires à grands *Cycloclypeus*, forme microsphérique, qui paraissent assez voisins de ceux d'Epi. On y trouve également *Pecten* (*Aequipecten*) *corymbiatus talicus* Ladd. Au-dessus viennent en concordance des calcaires massifs. La stratification est assez nette et le pendage de 15° NW environ. Le substratum n'est pas visible, mais un peu plus au Sud apparaissent des tufs volcaniques anciens qui doivent exister ici en profondeur.

Chapman, qui a étudié des Foramifères de Malekula, provenant d'autres points, n'y cite pas de *Cycloclypeus* [4]. Il est probable que cette formation est à peu près du même âge que celles d'Epi.

MÉTALLOGÉNIE. — *Sur un type exceptionnel* (*hypothermal*) *de gisement plombeux dans la Montagne-Noire*. Note de MM. **Eugène Raguin** et **Henri Vincienne**, transmise par M. L. de Launay.

Le gisement de galène de la Forêt de la Loubatière est situé au lieudit *Maison du garde*, près du village de Lacombe (Aude), sur le versant sud de la Montagne-Noire et à 22^{km} au Nord-Nord-Ouest de Carcassonne.

Il consiste en une imprégnation stratiforme dans une assise de calcaire dolomitique cambrien et se trouve à moins de 2^{km} des deux massifs granulitiques des Martys et de Lacombe. Le calcaire, attribué au Géorgien, forme un banc massif, épais de quelques dizaines de mètres et intercalé dans des formations schisteuses à minéraux. Il a un pendage d'environ 45° vers le Nord-Ouest et appartient au système d'assises plissées de la Montagne-Noire.

La galène apparaît en fines intercalations suivant la stratification ou en petits filons-couches, épais de quelques centimètres, dans les lits inférieurs

(3) Sir D. Mawson, *The Geology of the New Hebrides* (*Proc. Linn. Soc. of New South Wales*, Part 3, october 25 th 1905, p. 412 à 414).

(4) F. Chapman, *On the Tertiary Limestones and Foraminiferal Tuffs of Malekula*, New Hebrides (*Proc. Linn. Soc. of New South Wales*, 32, 1907, p. 745-760).

du calcaire. On la suit avec continuité le long de l'affleurement de l'assise géorgienne, comme on peut s'en rendre compte dans une grande carrière ouverte récemment. En outre, quelques filons de quartz recoupent transversalement le gisement et renferment parfois du cuivre gris avec barytine.

La galène est tantôt d'une extrême finesse de grain (quelques microns) et tantôt en agrégats de cristaux de quelques millimètres. Un peu de pyrite et une très petite quantité de blende s'y associent suivant de très fines traînées, diffuses dans la galène ou rassemblées dans les intercalations calcaires. L'examen micrographique montre un développement de chlorite et de biotite dans le calcaire dolomitique et la présence de pyrrhotine. Ce minéral est irrégulièrement distribué çà et là, en très petits cristaux comme la pyrite, mais en moindre quantité; il forme des inclusions dans la galène ou s'isole dans la gangue calcaire et dolomitique.

La paragénèse minéralogique, comprenant biotite et pyrrhotine, indique des conditions de haute température dans la formation du gisement de galène (faciès *hypothermal* de Lindgren). Les croiseurs barytiques sont postérieurs et dus à une remise en mouvement tardive à basse température.

Les gîtes plombifères de faciès hypothermal ne sont pas fréquents dans la nature et, à notre connaissance, il n'en avait pas été signalé jusqu'ici en France. Fréquents sont au contraire les filons de basse température et les amas de substitution plombifères qui sont développés en formes irrégulières dans les calcaires et sont produits par des eaux métallisantes ayant réagi sur le carbonate de chaux, à basse température également.

Les gisements hypothermaux de la Montagne-Noire, tels que le précédent ou le gîte de mispickel aurifère de Salsigne, se sont formés à une profondeur assez grande sous la surface topographique de l'époque de leur formation et probablement à proximité de masses granitiques en cours de consolidation. Comme les granites de la région ne sont pas plus jeunes que l'ère primaire, il s'ensuit que cette minéralisation est ancienne et se rapporte probablement au cycle hercynien ou à un cycle antérieur. Cependant, dans les Cévennes et sans doute dans la Montagne-Noire, ont eu lieu des remises en mouvement métallogéniques très postérieures. A celles-ci se rattachent les gisements plombifères, filoniens et de substitution, qui affectent les terrains mésozoïques dans le Gard ou la Lozère.

MYCOLOGIE. — *Sur la sexualité des principales espèces des genres* Saccharomyces, Hansenula *et* Pichia. Note de M[lle] **Jane Manuel**, transmise par M. Alexandre Guilliermond.

Les récentes recherches de Guilliermond ont beaucoup précisé le cycle de développement des Levures. Elles ont montré, qu'à côté des Levures haplobiontiques, chez lesquelles la conjugaison précède la formation de l'asque, il existe des Levures chez lesquelles la sexualité est reportée à la germination des ascospores et s'opère soit entre les ascopores elles-mêmes, soit entre les cellules haploïdes issues de la germination de celles-ci : ces Levures sont donc diplobiontiques ou n'ont qu'une très courte phase haploïde. Ces recherches ont fait pressentir, en outre, qu'il ne semble exister que de très rares Levures chez lesquelles la sexualité ait disparue. A la suite de ces travaux, nous nous sommes attachée à faire une révision de la sexualité des différents genres des Levures. Dans une Note précédente, nous avons montré que *S. intermedius* Hansen, *annulatus* Negroni, *Mangini* Guilliermond, *M.* var. *tetrasporus* (Beij.) Dekker, *Chevalieri* var. *Lindneri* (Guilliermond) Dekker, présentent la même forme de sexualité, ainsi que *Hansenula Saturnus* (Klöcker) Sydow. Depuis nous avons continué nos recherches sur cette question et nous nous proposons d'en résumer ici les résultats en examinant les genres *Saccharomyces*, *Pichia* et *Hansenula*.

Dans tous les *Saccharomyces* étudiés, *S. Willianus* (Will) Saccardo, *Bayanus* (Will) Saccardo, *cerevisiæ* race *alpinus* Steiner, *Chevalieri* Guilliermond, *turbidans* Hansen, environ la moitié des ascospores ne germent qu'après s'être conjuguées, chez les autres, la conjugaison ne se produit qu'entre les premières cellules haploïdes issues de leur bourgeonnement : ce mode de sexualité paraît donc général. Le *S. Logos* V. Lear et D. se comporte d'une manière un peu différente : nous n'avons jamais observé dans cette espèce de conjugaison se produisant entre les ascospores elles-mêmes; si celle-ci existe, elle est donc exceptionnelle et il semble que la conjugaison n'ait lieu qu'entre les cellules issues des ascospores. Le cycle de cette Levure est ainsi très comparable à celui des Exoascées du type *Taphrina epiphylla* et *T. Klebahnii* d'après M[lle] Wieben. En outre, nos recherches nous ont permis de constater que ces Levures sont homothalliques.

L'étude du cycle évolutif des espèces du genre *Hansenula* présente de grandes difficultés parce que les ascospores ne germent que très difficilement et très lentement. Chez *H. margaritae* (Zender) Dekker, la germination s'opère un peu plus facilement sur bouillon de carotte gélosé où nous avons observé son développement qui est tout à fait comparable à celui de *H. Saturnus* et des *Saccharomyces*. La conjugaison s'opère soit entre les ascospores elles-mêmes, soit entre les premières cellules haploïdes formées aux dépens de celles-ci. Chez *H. anomala* var. *sphærica* (Naegeli) Dekker et *H. javanica* (Gron.) Dekker, nous n'avons pas observé de phénomènes sexuels : les ascospores germent isolément et l'on ne constate jamais de conjugaison entre les cellules qui dérivent de leur bourgeonnement aussi loin que l'on suive leur développement. Nous étant assurée que ces levures ne présentent aucune conjugaison à l'origine de l'asque, il est donc certain qu'elles ont un développement parthénogénétique.

Les espèces du genre *Pichia* nous ont donné des résultats plus intéressants et très différents. Dans une seule espèce : *P. membranæfaciens* var. *calliphoræ* (Zlöcker) Dekker, nous avons observé un cycle évolutif analogue à celui des *Saccharomyces* et comportant une conjugaison soit des ascospores, soit des cellules haploïdes qui en dérivent. Par contre, dans *P. Chodati* (Zender) Dekker et *P. Chodati* var. *Trumpyi* (Zender) Dekker, les ascospores germent facilement sur moût de bière ou bouillon de carotte gélosés et donnent des cellules rondes qui s'allongent et montrent une tendance à former des pseudomycéliums; aucune conjugaison ne se produit entre les cellules issues de la germination des ascospores et la sexualité ne se manifeste qu'immédiatement avant la formation de l'asque, dans des cultures d'au moins 48 heures. Tantôt, elle est hétérogamique et s'opère entre une cellule du pseudomycélium, jouant le rôle de gamète femelle, et l'un des petits bourgeons formés par elle, correspondant au gamète mâle; ce dernier déverse son contenu dans le gamète femelle qui se transforme en un asque contenant généralement 4 spores. Tantôt, la conjugaison est isogamique et se produit entre deux cellules adultes qui s'unissent par un canal. Il existe d'ailleurs tous les intermédiaires entre l'iso- et l'hétérogamie. Enfin, quelques cellules en files se transforment directement en asques sans conjugaison préalable : il y a donc quelques cas de parthénogénèse. La variété *Trumpyi* se comporte de la même manière avec cette différence que la sexualité y est très rare et la parthénogénèse de beaucoup la plus fréquente. Ces deux levures étant haplobiontiques doivent être rattachées au genre *Zygopichia*. Enfin dans *P. Mandshurica* Saito, nous

n'avons observé de conjugaison ni à l'origine de l'asque ni à la germination, il y a donc parthénogénèse.

Il résulte de nos recherches que, dans tous les *Saccharomyces* que nous avons étudiés, la sexualité s'effectue soit entre les ascospores elles-mêmes, soit entre les cellules haploïdes issues de la germination de celles-ci; ces levures sont donc diplobiontiques ou à tendance diplobiontique. Parmi les espèces du genre *Hansenula*, les unes ont un cycle analogue à celui des *Saccharomyces*, les autres sont parthénogénétiques. Parmi les espèces du genre *Pichia*, les unes ont également le même développement que les levures précédentes; d'autres sont, au contraire, haplobiontiques et ont leur sexualité à l'origine de l'asque : celles-ci doivent être rapportées au genre *Zygopichia*; d'autres enfin ont perdu toute trace de sexualité. Ces faits nous montrent que les levures se comportent, au point de vue sexualité, comme les Exoascées et les Ustilaginées : chez elles la sexualité est placée à des stades différents dans des espèces très voisines.

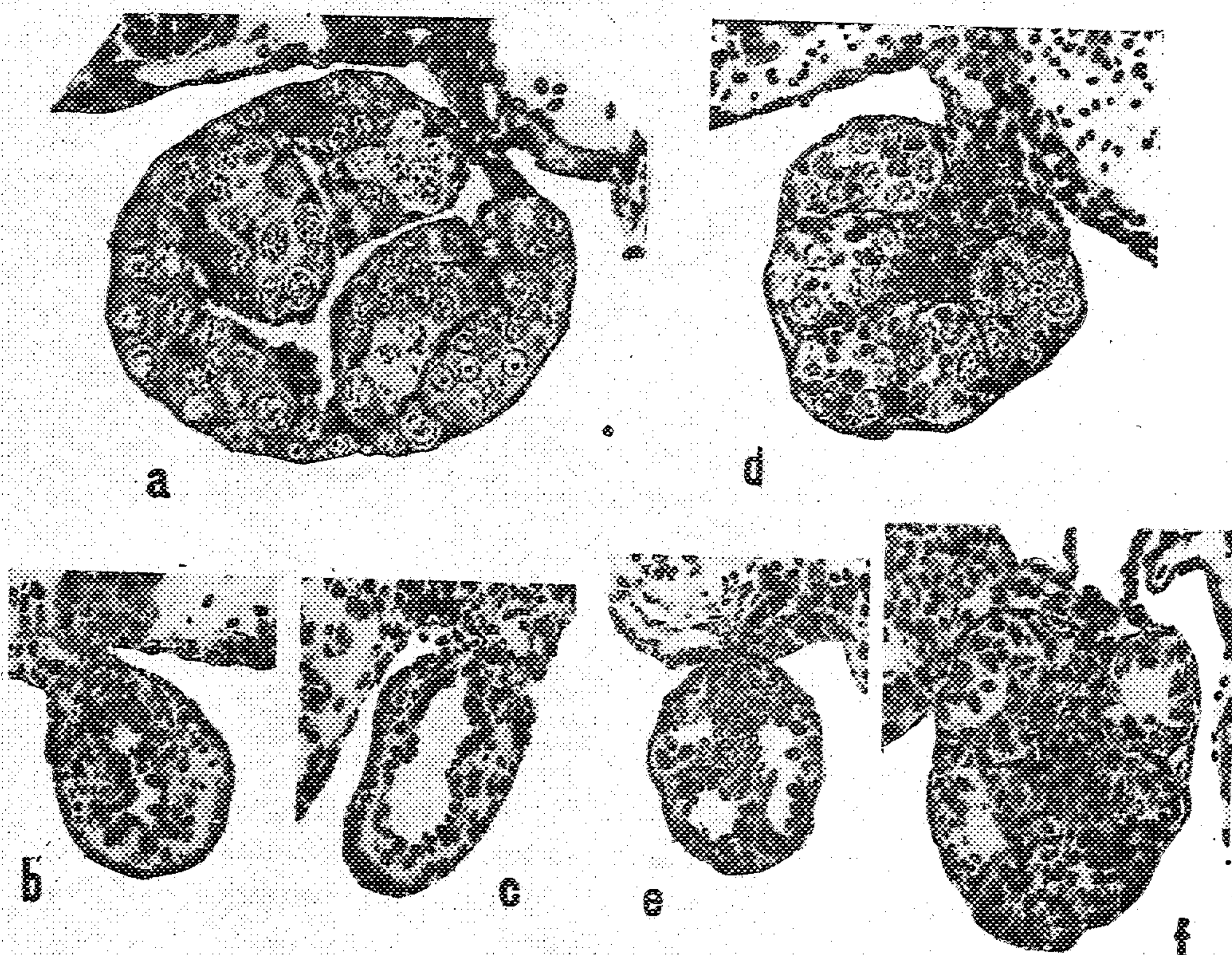
BIOLOGIE GÉNÉRALE. — *La constitution des glandes génitales chez la Grenouille rousse après destruction étendue de la lignée germinale par l'action des rayons ultraviolets sur l'œuf.* Note de M. Louis Bounoure, présentée par M. Louis Bouvier.

L'organogénèse des glandes génitales met en jeu deux sortes de constituants : des cellules germinales d'une part et des formations somatiques de l'autre, lesquelles subissent une évolution particulière dans chaque sexe. On peut se demander si la présence des cellules germinales, éléments essentiels des gonades, est indispensable à leur développement typique et si, dans le cas d'absence ou d'extrême réduction des éléments fertiles, ces glandes laissent reconnaître dans leur constitution simplifiée, les traits fondamentaux propres à l'un et à l'autre sexe.

En laissant de côté l'évolution du tissu fertile dans chaque sexe, la constitution sexuelle des gonades, chez la Grenouille à la métamorphose, tient en grande partie aux transformations spéciales subies, chez le mâle et chez la femelle, par les *tractus urogénitaux*, sortes de chevilles cellulaires, au nombre de 5 ou 6, qui, enracinées d'une part dans le mésonéphros, pénètrent dans l'ébauche de la gonade par son bord d'attache, perpendiculairement à son grand axe. Dans l'ovaire (*a*) les tractus urogénitaux, faiblement développés, se creusent de cavités, étalent leurs éléments à la surface interne des grosses colonnes d'ovocytes formant le cortex de la glande, et font place finalement à une cavité médullaire étendue, qui tend à devenir fissiforme par suite de

l'épaississement cortical. Dans le testicule (*d*) les tractus urogénitaux, très développés en tant que cordons cellulaires, persistent comme tels et s'unissent, dans l'axe même de la glande, à un épais cordon médullaire longitudinal, ébauche du réseau de Haller; toutes ces formations, purement somatiques, seront l'origine des voies d'excrétion du sperme, et avec elles s'aboucheront les ampoules séminales, riches en spermatogonies et qui occupent sur les coupes toute la périphérie de l'organe.

Or il est facile de retrouver ces traits organogéniques sur les coupes des gonades modifiées que présente la Grenouille à la métamorphose après



a, ovaire normal; *b*, *c*, ovaires atrophiques; *d*, testicule normal; *e*, *f*, testicules atrophiques. Microphotogr., grossiss. × 235.

qu'on a fait agir les rayons ultraviolets sur le déterminant germinal de l'œuf.

Dans l'ovaire réduit (*b*, *c*), où manque, d'une façon parfois extrêmement étendue, le cortex fertile, on reconnaît la cavité centrale typique, relativement fort dilatée et limitée par les cellules du cordon uro-génital, qui dessinent une assise continue, plus ou moins plissée. Entre cette assise et

l'épithélium cœlomique externe de la gonade, l'épais cortex est remplacé par une couche de mésenchyme très lâche. Dans les portions de la gonade où ne pénètrent pas les tractus uro-génitaux, ce mésenchyme occupe seul tout l'intérieur de la glande rudimentaire.

Dans le testicule modifié (*e*, *f*) on retrouve les épais tractus uro-génitaux caractéristiques du sexe mâle, raccordés, au centre de la glande, au cordon cellulaire qui donnera le *rete testis*; tout autour de ce cordon sont disposées des ampoules à large lumière, privées de l'écorce de gonocytes propre aux ampoules séminales normales. Cette gonade, de structure typique quant à ses éléments somatiques, peut prendre des dimensions relativement importantes (*f*).

Ainsi dans nos expériences les gonades, pratiquement privées de tissu fertile, acquièrent leur structure sexuelle normale quant à leurs constituants somatiques. Ce fait peut s'expliquer de trois façons :

Ou bien quelques rares gonocytes, échappés à la destruction, suffisent à accomplir, dans la gonade où ils se trouvent et même dans la gonade opposée qui peut en être complètement dépourvue, le même effet d'organisation que provoquent dans le développement normal des milliers de ces éléments.

Ou bien les rayons ultraviolets n'ont, sur la lignée germinale, qu'un effet à retardement, et les gonocytes, frappés à mort et périssant peu à peu au cours de la vie larvaire, ont le temps d'exercer leur rôle organisateur sur les gonades du jeune têtard avant de disparaître.

On bien les gonocytes ne sont nullement investis de la fonction organisatrice qu'on leur a parfois attribuée dans le développement des glandes sexuelles.

Nos recherches nous dicteront le choix à faire entre ces hypothèses.

PHYSIOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *Action du corps thyroïde sur le thymus.* Note de MM. **Georges Carrière**, **Pierre-Jean Gineste** et **Émile Laine**, présentée par M. Charles Achard.

L'action du corps thyroïde sur le thymus a fait l'objet de travaux multiples et contradictoires, qui n'ont pas encore permis d'établir une conception définitive des relations thymo-thyroïdiennes. D'autre part, beaucoup de ces travaux sont déjà anciens et leurs auteurs ne disposaient pas de tous les éléments dont nous pouvons aujourd'hui faire état.

Nous avons expérimenté sur 120 animaux environ, lapins et rats divisés en 23 séries de 4 à 8 sujets appartenant à la même portée; 19 séries d'animaux âgés de 6 semaines à 2 mois et demi; 4 séries d'animaux adultes.

I. *Action de l'hyperthyroïdisation sur le thymus.* — Dustin (1914) a obtenu l'atrophie du thymus chez le têtard hyperthyroïdisé. Inversement Hoskins (1909), Kahn (1916), Herring (1917), Speidel (1926) ont observé une hypertrophie thymique à la suite d'un traitement thyroïdien, Champy (1922) a observé une hypertrophie précoce suivie d'une atrophie. Utterstrom (1913), Courrier (1928) ont obtenu des résultats variables suivant les cas.

Notre expérimentation a porté sur quatre produits utilisés en injections : *extrait thyroïdien Chaix; thyroxine Roche* en solution au 1/1000e; *diiodotyrosine Roche* en solution à 5/100e, *iodure de sodium* en solution à 1/100e.

Chez l'animal jeune l'extrait thyroïdien et la thyroxine ont exercé un effet sensiblement identique sur le thymus. Sept séries d'animaux soumis à une alimentation abondante et variée (pain, légumes, viande) ont reçu pendant 4 à 20 jours une dose quotidienne de 5 à 20^{cg} d'extrait thyroïdien ou 1/8e de milligramme à 0^{mg},5 de thyroxine. Nous n'avons observé que deux fois un thymus de poids légèrement inférieur à celui du témoin correspondant.

Le thymus, après un temps de latence assez court, réagit au traitement thyroïdien par une hypertrophie déjà nette au dixième jour des injections, et atteignant au vingtième jour une augmentation de 48 à 76 pour 100 par rapport au poids des témoins.

Chez l'animal adulte nous avons également étudié l'action de l'extrait thyroïdien.

Deux séries de lapins adultes, pesant en moyenne 2^{kg},700 ont reçu pendant 30 jours une injection quotidienne de 0^g,20 d'extrait thyroïdien. Le thymus était plus petit que chez les témoins et ne présentait aucune apparence de régénération.

Nous avons voulu compléter l'étude de l'hyperthyroïdisation provoquée par celle de deux composés iodés : 17 jeunes rats, d'un poids moyen de 80^g ont reçu pendant 28 jours une injection quotidienne de 2^{cg} d'*iodure de sodium* ou de 1^{cg} de *diiodotyrosine*.

Dans l'ensemble ces deux produits ont déterminé une légère hypertrophie du thymus atteignant en moyenne 8,5 pour 100 pour l'iodure de sodium et 12,4 pour 100 pour la diiodotyrosine. A un bien moindre degré, les

dérivés iodés semblent donc posséder les mêmes propriétés que l'extrait thyroïdien total et la thyroxine sur le thymus jeune.

II. *Action de la thyro-parathyroïdectomie sur le thymus.* — Cadeac et Guinard (1894), Gley (1894) ont rencontré une hypertrophie du thymus après thyroïdectomie. Hofmeister (1894), Jeandelize, Lucien et Parisot (1909), Marine (1924), Worms et Klotz (1935) ont signalé son atrophie. Kiyonari (1930) n'observa aucune modification chez le rat.

Nous avons pratiqué une thyro-parathyroïdectomie totale en un temps chez le jeune rat, sous anesthésie générale à l'éther.

Les 25 rats opérés pouvaient se diviser en trois groupes :

Dans le *premier groupe*, nous plaçons 12 animaux morts du 3e au 4e jour après l'intervention. Dans tous les cas, sans exception, existait une atrophie très marquée du thymus dont le poids moyen était de 0g,11 contre 0g,37 chez les témoins.

Les deuxième et troisième groupes comprennent les animaux ayant résisté à l'intervention et sacrifiés du 30e au 60e jour.

Le deuxième groupe comprenait 10 animaux d'apparence souffreteuse, s'alimentant très peu et présentant des troubles importants de la croissance. L'atrophie du thymus était constante.

Le troisième groupe était formé de 3 animaux ayant parfaitement résisté à l'intervention et ne présentant aucun trouble de croissance. Le thymus était normal en poids et en apparence. Dans deux de ces cas, nous avons pu noter à l'autopsie la persistance d'un fragment thyroïdien important, vérifié par l'examen histologique. L'intervention avait donc été incomplète. Enfin nous avons pratiqué la *thyro-parathyroïdectomie* chez 9 rats adultes. Le thymus ne présentait aucune modification par rapport à celui des témoins.

Le corps thyroïde exerce donc de façon incontestable une action trophique importante sur l'évolution du thymus :

L'hyperthyroïdisation provoque son hypertrophie ; la thyro-parathyroïdectomie totale provoque son involution accélérée, les résultats négatifs paraissant liés à des interventions incomplètes.

Cette action ne paraît pas en rapport avec l'élaboration d'une hormone spéciale ; elle est partagée à des degrés divers par le thyroxine et d'autres composés iodés comme la diidotyrosine et l'iodure de sodium. *Chez l'animal jeune*, le thymus se comporte donc comme l'une de ces *zones sensibles* de Champy, sur lesquelles s'exerce de manière élective l'action de la

thyroïde. Par contre, *chez l'adulte*, le thymus involué semble indifférent aux modifications de la fonction thyroïdienne.

Ces notions sont encore précisées par l'examen histologique systématique des thymus prélevés : nous rendrons compte prochainement des résultats de cette étude dans un exposé plus détaillé.

PHYSIQUE PHYSIOLOGIQUE. — *Cellules avec déformations géométriques régulières sans traces d'action calorique. Action d'ondes ultracourtes* (6^m, 500 *watts énergie d'entrée*) *sur larves de* Salamandra maculosa Note [1] de M. **Stephan Jellinek**, transmise par M. Arsène d'Arsonval.

Lorsque d'Arsonval inventa (il y a 45 ans) l'électrisation *à distance* par haute fréquence, il signala que les tissus vivants placés dans le solénoïde subissaient des modifications purement dynamiques, indépendantes de l'effet thermique.

En concordance avec ces constatations l'auteur de cette Note a publié les résultats d'expériences biologiques dans le champ d'ondes ultracourtes (3^m, 1 watt d'énergie), montrant que des œufs de perroquet exposés aux ondes ultracourtes ont été amenés à pleine maturité, quoique la température intérieure (mesurée par une aiguille thermoélectrique) ne montât qu'à 27° C. ou 28° C. [2]. Dans cette Note déjà il était prouvé que les ondes ultracourtes devaient agir sur le processus biologique comme un catalyseur ou comme un relais (d'une manière dynamique, mécanique). En effet, on peut poursuivre cette action purement mécanique dans les traces d'électricité aussi bien dans le macrocosmos que dans le microcosmos : des cellules provenant de lésions électriques (foudre ou électricité industrielle) montrent au microscope des déformations géométriquement régulières, ayant la forme d'une aiguille droite ou d'une spirale ou d'une vis. Au moyen d'électricité industrielle nous avons réussi expérimentalement à produire des altérations cellulaires d'une forme semblable.

Dans la présente Note il s'agit de mêmes déformations géométriques de cellules produites sur des larves de *Salamandra maculosa* non par électricité industrielle mais sous l'action d'ondes ultracourtes (6^m).

J'ai fait passer, l'espace d'une seconde, dans une bobine de self-induction

---

(1) Séance du 14 juin 1937.

(2) *Comptes rendus*, 191, 1930, p. 1030, 196, 1933, p. 5.

des larves de *Salamandra maculosa* posées sur une tige de papier et immédiatement j'ai jeté les larves dans un liquide de fixage

Bichromate de K à 3 pour 100	7,0
Formol conc.	2,0
Ac. acét. glac.	1,0

et au bout de quelques jours les larves ont été préparées à la méthode habituelle (coupes paraffinées). Je noterai qu'il ne s'agissait pas d'un circuit secondaire, mais d'une self-induction de *circuit primaire* (des ondes



Fig. 1. — Partie d'une section transversale de l'estomac (à gauche, en haut et en bas, se trouvent les altérations cellulaires de la *paroitunica mucosa*).

électromagnétiques), montage à peu près semblable à celui employé autrefois par d'Arsonval.

L'examen microscopique démontre que la peau et les cellules sousjacentes ainsi que les muscles laissaient reconnaître des traces d'action calorique, tandis que les organes intérieurs n'en montraient aucune trace.

La figure 1 fait voir une partie de la section tranversale de l'estomac (*Tunica musculosa* et *Tunica mucosa* et le contenu stomacal) d'aspect tout

à fait normal; à deux endroits seulement isolés l'un de l'autre (en haut à gauche, flèche, et en bas), la *Tunica mucosa* de la paroi stomacale est déformée, les cellules et les noyaux en sont en partie allongés en ligne droite et en partie tournés en spirales, quelques cellules aussi effilochées, les pieds de ces cellules semblent être détachés de leur base, le tissu mère est repoussé; les endroits ainsi altérés n'ont pas perdu leur faculté de tinction (ne sont pas devenus basophiles).

La figure 2 est un agrandissement (765 diamètres) de l'endroit d'en

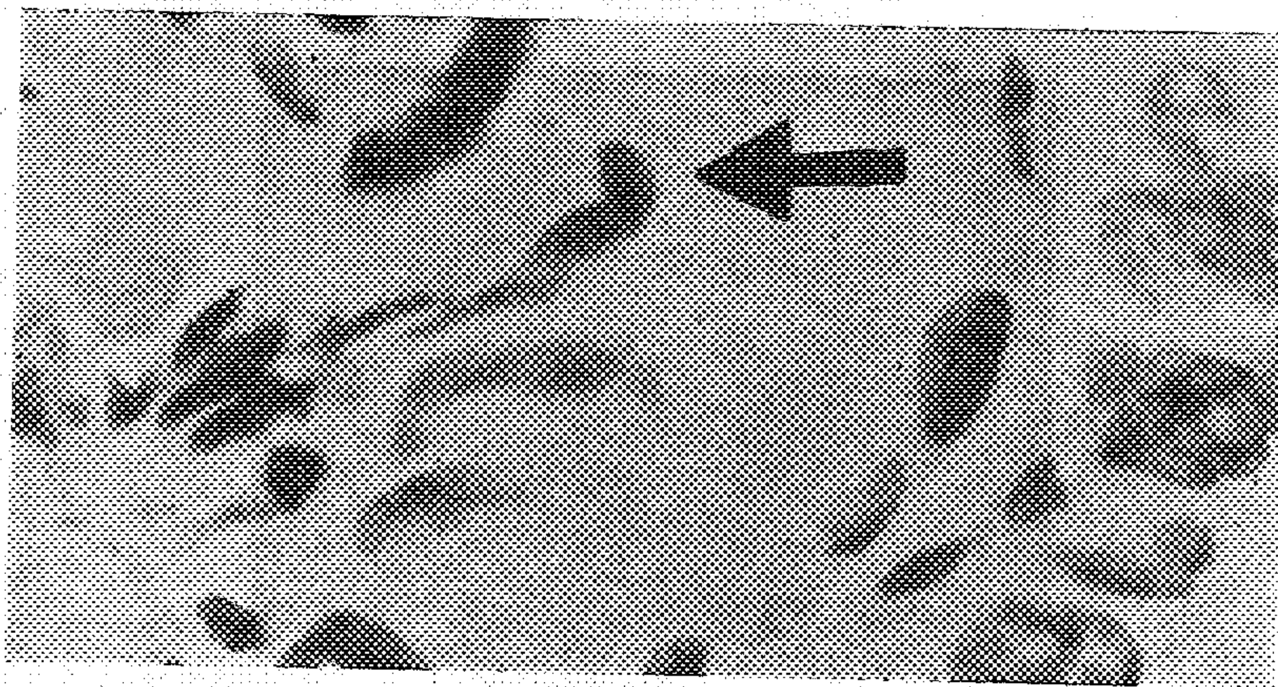


Fig. 2. — La flèche indique la cellule (de l'endroit d'en haut de la figure 1) qui est tournée en forme de vis (agrandie à l'échelle de 765).

haut; une des cellules mentionnées frappe, comme on le voit, par une régularité géométrique, elle rappelle la forme d'une spirale ou d'une vis; la texture et la faculté de tinction n'ont pas été influencées.

C'est la première fois que ces altérations histologiques de caractère spécifique ont été produites par ondes ultracourtes, mais elles ont leurs équivalentes dans les figures et altérations des lésions électropathologiques, où la *forme spirale* réprésente un motif fondamental, qui fait reconnaître l'action *mécanique* dominante, exempte d'action calorique.

Cette constatation histologique est en même temps une *confirmation* de la doctrine de d'Arsonval concernant l'action mécanique (dynamique de haute fréquence) et une indication dans les recherches des traces spécifiques causées dans les tissus par l'action des ondes ultracourtes.

La séance est levée à 15^h35^m.

E. P.

ERRATA.

—

(Séance du 19 avril 1937.)

Note de MM. *Rémy Bourgeat*, *Denis Cahuzac* et *Jacques Deullin*, Sur les phénomènes que présente l'étalonnage des moulinets en eau calme :

Page 1166, en tête de la deuxième colonne du tableau, *au lieu de* S(m), *lire* S(m^2).

Note de MM. *Pierre Chouard* et *René Castan*, Tubérisation de tiges et d'hypocotyles par diffusion longitudinale d'hétéro-auxine :

Page 1211, ligne 4 à partir du bas, *au lieu de* RENÉ CASTAU, *lire* RENÉ CASTAN.

(Séance du 31 mai 1937.)

Note de MM. *Henri Bizette* et *Belling Tsaï*, Pouvoir rotatoire magnétique de l'oxyde azotique NO comprimé et liquéfié :

Page 1639, ligne 4, *au lieu de*

$+18°$.................... $-23°,43$

lire

$+18°$.................... $-20°,43$

ligne 6 du bas, ajouter δ après Rapport des densités.

(Séance du 14 juin 1937.)

Note de M. *Richard Brauer*, Sur la multiplication des caractéristiques des groupes continus et semi-simples :

Page 1786, ligne 4, *au lieu de* $\xi(R_1, \ldots, R_l)$, *lire* $\xi(k_1, \ldots, k_l)$.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

Publications périodiques reçues pendant l'année 1936.

L'Académie des sciences exprime ses remercîments aux Établissements qui lui ont envoyé ces Publications.

La cote qui suit le titre de chaque périodique est celle de l'*Inventaire des périodiques scientifiques des bibliothèques de Paris* (1); les cotes du supplément I de cet inventaire portent un indice en chiffre, celles du supplément II (2), un indice en lettres.

Le titre des périodiques nouvellement créés est inscrit en caractères gras.

EUROPE.

France.

Aix. — Académie des sciences, agriculture, arts et belles-lettres : *Rapport sur le fonctionnement du musée Arbaud*, A 93^{A}; *Séance publique*, S 256.
Arcachon. — Station biologique : *Bulletin*, U 129.
Asnières. — *La chronique médicale*, C 386.
Auxerre. — Société des sciences historiques et naturelles de l'Yonne : *Bulletin*, B 1558.
Avignon. — *Cahiers de pratique médico-chirurgicale*, C 3^{2}.
Bellevue. — Office national des recherches scientifiques et industrielles et des inventions : *Recherches et Inventions*, B 2436.
Besançon. — Observatoire national : *Bulletin météorologique*, O 84.
— *Annales françaises de chronométrie*, A 1096^{A}.
Bordeaux. — Société des sciences physiques et naturelles : *Mémoires*, M 528; *Procès-verbaux des séances*, P 642.
— Société linnéenne : *Actes*, B 881.
Le Mans. — Société d'agriculture, sciences et arts de la Sarthe : *Bulletin*, B 1735.
Lille. — *Information médicale* (*L'*).
Lyon. — Académie des sciences, belles-lettres et arts : *Mémoires*, M 456.

---

(1) Paris, Masson, 1924-1925; 4 fasc. et 1 supplément, 23^{cm}.
(2) Le supplément II est actuellement à l'impression. Jusqu'au moment du tirage définitif, les cotes sont susceptibles de subir de nouvelles modifications par suite de l'intercalation, dans l'ordre alphabétique, de nouveaux périodiques.

MARSEILLE. — Faculté des sciences : *Annales*, A 310; **Bulletin mathématique des Facultés des sciences et des grandes Écoles**, B 2208[B].
— Musée colonial : *Annales*, A 865.
— Musée d'histoire naturelle : *Annales*, A 1082.
— Société de médecine : *Archives de médecine générale et coloniale*, A 2132[A].
— *Journal des Observateurs*, J 607.
— *Marseille médical*, U 46.

MONTPELLIER. — École nationale d'agriculture : *Annales*, A 853 *bis*.
— Société des sciences médicales et biologiques : *Archives*, B 1568[1].

MOULINS. — Société scientifique du Bourbonnais et du Centre de la France : *Revue scientifique*, R 1558.

MULHOUSE. — Société industrielle : *Bulletin*, B 1634.

NANCY. — Société de médecine : *Bulletin* (*Revue médicale de Nancy*), R 1430 et C 714.
— Société des sciences : *Bulletin mensuel*, B 1552.
— *Annales de l'École nationale des Eaux et Forêts et de la Station de recherches et expériences forestières*, A 854[1].

NOGENT-SUR-MARNE. — Institut national d'agronomie de la France d'outre-mer : *L'Agronomie coloniale*, M 908.

PARC-SAINT-MAUR. — Institut de physique du globe. Observatoire géophysique du Parc-Saint-Maur : *Bulletin séismique*, I 240[A].

PARIS. — Académie d'agriculture de France : *Comptes rendus hebdomadaires des séances*, B 1861.
— Académie de médecine : *Bulletin*, B 894.
— Académie des sciences : *Annuaire*, I 235; *Comptes rendus hebdomadaires des séances*, C 758; *Mémoires*, H 69.
— Académie des sciences coloniales : *Annales*, A 96[1].
— Association amicale des anciens élèves de l'École centrale des arts et manufactures : *Annuaire*, A 1280; *Bulletin*, B 914.
— Association amicale de secours des anciens élèves de l'École Normale supérieure : *Annuaire*, A 2386.
— Association amicale des élèves de l'École nationale supérieure des mines : *Annuaire*, A 1281; *Bulletin*, B 916.
— Association amicale des étudiants en pharmacie de France : *La Pharmacie française*, P 192.
— Association de documentation scientifique, industrielle et commerciale : *Bulletin*, A 2283.
— Association des anatomistes : *Comptes rendus*, B 236 et C 632.
— Association scientifique française de radiesthésie : *La Radiesthésie scientifique*, R 51[B].
— Automobile-Club de France : *Bulletin officiel*, A 2603.
— Banque de France : *Assemblée générale des actionnaires*, B 14[2].
— Bon Marché (Au) : *Assemblée générale ordinaire*.
— Banque franco-polonaise : *Assemblée générale ordinaire*.
— Bureau des Longitudes : *Annuaire*, A 1370; *Connaissance des temps ou des mouvements célestes à l'usage des astronomes et des navigateurs*, C 921.

PARIS. — Bureau Veritas : *Bulletin technique,* B 2504.
— Club alpin français : *Revue* (*La Montagne*), B 1919.
— Collège de France. Institut d'hydrologie et de climatologie : *Annales,* A 868².
— Comité d'Études historiques et scientifiques de l'Afrique occidentale française : *Voir* DAKAR.
— Comité international des Poids et mesures : *Procès-verbaux des séances,* C 564.
— Commission du répertoire de bibliographie scientifique : *Bibliographie scientifique française,* B 247.
— Compagnie d'assurances générales (vie et incendie) : *Comptes rendus à l'Assemblée générale des actionnaires.*
— Compagnie des chemins de fer de Paris à Lyon et à la Méditerrannée : *Rapport du Conseil d'administration,* R 61.
— Compagnie des chemins de fer du Midi : *Comptes de l'exercice; Rapport du Conseil d'administration,* R 71.
— Compagnie du chemin de fer de Paris à Orléans : *Rapports du Conseil d'administration et de la Commission de vérification des comptes,* R 57.
— Compagnie du Soleil (Société anonyme d'assurances) : *Compte rendu des opérations.*
— Compagnie universelle du canal maritime de Suez : *Canal de Suez (Le),* C 67 *bis.*
— Congrès des Sociétés savantes de Paris et des départements; *Comptes rendus,* C 750.
— Conseil d'hygiène publique et de salubrité de la Seine : *Comptes rendus des séances,* C 742.
— Conservatoire national des Arts et Métiers : *Le travail humain,* R 1140¹ᴮ.
— Crédit foncier de France : *Compte rendu présenté au nom du Conseil d'administration.*
— École normale supérieure : *Annales scientifiques,* A 1120.
— Énergie électrique du nord de la France : *Assemblées générales ordinaire et extraordinaire.*
— Établissements Kuhlmann : *Compte rendu de l'Assemblée générale ordinaire.*
— Fondation Thiers : *Annuaire,* A 1347.
— Institut de paléontologie humaine : *Archives,* A 2116¹.
— Institut de physique du globe. Observatoire géophysique : *Voir* PARC-SAINT-MAUR.
— Institut des actuaires français : *Bulletin trimestriel,* B 1014.
— Institut Henri Poincaré : *Annales,* A 870ᴬ.
— Institut international d'anthropologie : *Revue anthropologique,* R 1462.
— Institut national agronomique : *Annales,* A 872.
— Institut océanographique : *Annales,* A 873.
— Institut Pasteur : *Annales,* A 874.
— Institut technique du bâtiment et des travaux publics : Annales, B 877ᴮ.
— Mines de Bruay : *Rapport aux actionnaires.*
— Ministère de la guerre. Service de santé militaire : *Revue,* J 476.
— Ministère de la marine : *Annuaire de la Marine,* A 1355.

PARIS. — Ministère des colonies : *Annales de médecine et de pharmacie coloniales*, A 820.

— Ministère du commerce. Office national de la propriété industrielle : *Bulletin officiel de la propriété industrielle et commerciale*, C 98.

— Ministère du travail : *Bulletin de l'Inspection du travail et de l'hygiène industrielle*, B 1006.

— Muséum national d'histoire naturelle : *Archives*, A 1085; *Bulletin*, B 2017.

— Nationale (La). Compagnie anonyme d'assurances contre l'incendie et les explosions : *Assemblée générale extraordinaire des actionnaires. Comptes rendus*.

— Id. Compagnie anonyme d'assurances sur la vie : *Assemblée générale des actionnaires. Compte rendu*.

— Id. Compagnie d'assurances et de réassurances de toute nature : *Compte rendu à l'Assemblée générale*.

— Observatoire de Paris : *Bulletin astronomique*, B 854.

— Office international d'hygiène publique : *Bulletin mensuel*, B 1042.

— Office national météorologique de France : *Bulletin quotidien de renseignements*, B 2476[1]; *Bulletin quotidien d'études*, B 2475[1]; *Climatologie aéronautique*, C 437[A]; *Mémorial*, M 677 *bis*.

— Office scientifique et technique des pêches maritimes : *Mémoires*, O 143 *bis*; *Revue des travaux*, O 143 *bis*[1].

— Phénix (Le). Compagnie française d'assurances sur la vie : *Compte rendu à l'Assemblée générale des actionnaires*.

— Préfecture de police. Direction de l'hygiène, de la protection de l'enfance et du travail. *Rapport sur les opérations du service d'inspection des établissements classés dans le département de la Seine*, R 111 *bis*.

— Presses universitaires de France : *Bulletin*.

— Service hydrographique de la Marine : *Instructions nautiques*, I 285[A].

— Services techniques d'hygiène de la Ville de Paris : *Annales*, A 1062.

— Société amicale de secours des anciens élèves de l'École polytechnique : *Annuaire*, A 1291 et 1550; *Bulletin*, B 1163[B].

— Société astronomique de France : *L'Astronomie*, A 2471.

— Société bibliographique : *Polybiblion, revue bibliographique universelle*, P 345 *bis*.

— Société centrale d'aquiculture et de pêche : *Bulletin*, B 1193.

— Société chimique de France : *Bulletin* (*Documentation, Mémoires*), B 1180.

— Société commerciale française au Chili : *Assemblée générale ordinaire*.

— Société de biologie : *Comptes rendus des séances*, C 675.

— Société de géographie : *La Géographie*, G 233.

— Société de médecine de Paris : *Bulletins et Mémoires*, B 1462 *bis*.

— Société de médecine publique : *Voir* Syndicat des médecins hygiénistes français.

— Société d'encouragement pour l'industrie nationale : *Bulletin*, B 1296.

— Société des agriculteurs de France : *Revue des agriculteurs de France*, B 1522.

— Société des anciens élèves des Écoles nationales d'arts et métiers : *Arts et métiers*, B 2506.

— Société de secours des amis des sciences : *Annuaire*, C 679.

Paris. — Société des ingénieurs civils de France : *Annuaire*, A 1403; *Bulletin*, B 1537; *Mémoires; Mémoires et Comptes rendus des travaux*, M 583; *Procès-verbaux des séances*, P 631.
— Société des missions étrangères : *Annales.*
— Société d'études ornithologiques : *Alauda*, A 324A.
— Société foncière du Paraguay : *Assemblée générale annuelle ordinaire.*
— Société française de minéralogie : *Bulletin*, B 1685.
— Société française de photographie et de cinématographie : *Bulletin*, B 1608; *Bulletin de photogrammétrie*, 1789A; *Petite chronique mensuelle de la S. F. P. C.*
— Société française des électriciens : *Annuaire*, A 1412; *Bulletin*, B 1644.
— Société géologique de France : *Bibliographie des sciences géologiques*, B 245[1]; *Bulletin*, B 1619; *Compte rendu sommaire des séances*, C 767; *Mémoires*, M 535.
— Société mathématique de France : *Bulletin*, B 1658. *Compte rendu des séances*, C 669.
— Société médicale des Bureaux de bienfaisance de Paris : *Bulletin* (*Revue d'assistance médicale*).
— Société nationale d'acclimatation : *Bulletin*, B 1762.
— Société nationale d'horticulture de France : *Bulletin mensuel*, A 952.
— Société philomathique : *Bulletin*, B 1836.
— Sociétés savantes. Soixante-dixième Congrès : *Circulaire et programme.*
— Syndicat des médecins hygiénistes français et Société de médecine publique : *Le mouvement sanitaire*, M 1294 *bis.*
— Touring-Club de France : *Revue mensuelle*, R 1484.
— Union (L') (Compagnie d'assurances contre l'incendie, les accidents et risques divers) : *Compte rendu à l'Assemblée générale des actionnaires.*
— Union géodésique et géophysique internationale. Association de géodésie : *Bulletin géodésique*, B 2177[1]; *Travaux*, T 449[1].
— Id. Commission pour l'étude des raz-de-marées : *Annales*, A 907A.
— Union sociale d'ingénieurs catholiques : *Annuaire; Écho*, E 18.
— Université : *Livret de l'étudiant*, A 92.
— Id. Faculté des sciences : *Livret scolaire.*
— Urbaine (L'). Compagnie d'assurances contre l'incendie : *Comptes rendus des opérations à l'Assemblée générale ordinaire des actionnaires.*
— *Annales de chimie*, A 832.
— *Annales de géographie*, A 837.
— *Annales de paléontologie*, A 1021.
— *Annales de physique*, A 832.
— *Annales des mines*, J 602.
— *Annales des ponts et chaussées, Partie administrative, Partie technique*, A 1473.
— *Annales des sciences naturelles* (*Botanique; Zoologie*), A 1059.
— *Anthropologie* (*L'*), M 129.
— *Archives de médecine et de pharmacie navales*, A 2134.
— *Bulletin des sciences mathématiques*, B' 1843.

Paris. — *Chaleur et industrie*, C 202.
— *Chimie et industrie*, C 342.
— *Cité moderne (La)*, C 423A.
— *Enseignement (L') mathématique*, E 278.
— *Est (L') européen agricole*, A 298A.
— *Europe (L') médicale*, E 448A.
— *Gazette des hôpitaux civils et militaires*, L 27.
— *Journal d'agriculture pratique et Journal de l'agriculture*, M 90.
— *Journal de chimie physique*, J 368.
— *Journal de mathématiques pures et appliquées*, J 467.
— *Journal de médecine et de chirurgie pratiques*, J 484.
— *Journal de pharmacie et de chimie*, B 1787.
— *Mémorial de l'artillerie française*, M 677 *bis*.
— *Moniteur (Le) de la presse*, M 1179A.
— *Nature (La)*, N 52.
— *Progrès (Le) médical*, P 684.
— *Radio Journal*.
— *Record*.
— *Réforme (La) économique*, R 277.
— *Revue de pathologie comparée et d'hygiène générale*, R 1166.
— *Revue des roulements à billes*, R 1256[1].
— *Revue de viticulture*, R 1197.
— *Revue du nickel*, R 1293A.
— *Revue générale de l'électricité*, L 183.
— *Revue générale des sciences pures et appliquées*, R 1362.
— *Revue maritime*, R 1025.
— *Revue militaire française*, R 1493.
— *Revue scientifique illustrée* (Revue rose), R 1216.
— *Revue thérapeutique des alcaloïdes*, R 1577.
— Science, S 177A.
— *Tables annuelles des constantes et données numériques de chimie, de physique, de biologie et de technologie*, T 18.
— *Technique (La) moderne*, T 50.

Rouen. — Société industrielle : *Bulletin*, B 1636.

Saint-Étienne. — *Revue de l'industrie minérale*, R 1123.

Strasbourg. — Université. Institut de physique du globe : *Annuaire*, U 139; *Bulletin de la Commission météorologique du Bas-Rhin*.
— Id. Service de la Carte géologique d'Alsace et de Lorraine : *Bulletin*, A 63.

Talence. — Observatoire : *Bulletin*, B 1032.

Toulon. — Académie du Var : *Bulletin*, B 2526.
— *Côte d'Azur (La) médicale*, C 1049[1].

Toulouse. — Académie des sciences, inscriptions et belles-lettres : *Mémoires*, H 74.
— Observatoire astronomique et météorologique : *Annales*, A 891.
— Université. Faculté des sciences : *Annales*, A 909.

Vittel. — *Annales médicales*, A 1107*bis*A.

Allemagne.

BERLIN. — Preussische Akademie der Wissenschaften : *Abhandlungen*, M 944; *Sitzungsberichte,* B 192.

— Reichsamt für Wetterdienst : *Deutsches meteorologisches Jahrbuch,* E 351; *Die Verteilung der Niederschläge in Deutschland; Wissenschaftliche Abhandlungen*, R 205[1A].

— *Forschungen und Fortschritte,* F 101[1].

— *Die Natürwissenschaften*, N 60.

DRESDE. — *Photographie und Forschung*, P 280[A].

GÖTTINGEN. — Gesellschaft der Wissenschaften. Mathematisch-Physische Klasse : *Nachrichten,* N 5.

HALLE. — Kaiserlich Leopoldinische Carolinische deutsche Akademie der Naturforscher : *Nova Acta Leopoldina*, L 67.

HAMBURG. — *Bulletin des archives d'économie mondiale*, 1806[A].

HEIDELBERG. — Bädische Landes-Sternwarte : *Veröffentlichungen*, V 107.

IENA. — *Zeiss Nachrichten.*

LEIPZIG. — Sächsische Akademie der Wissenschaften. Mathematisch-Physische Klasse : *Abhandlungen*, A 44; *Berichte über die Verhandlungen*, B 185.

MÜNCHEN. — Bayerische Akademie der Wissenschaften. Mathematisch-Naturwissenschaftliche Abteilung : *Abhandlungen,* A 36; *Sitzungsberichte,* J 122.

Autriche.

WIEN. — Akademie der Wissenschaften. Mathematisch-Naturwissenschaftliche Klasse : *Sitzungsberichte*, S 358.

— Österreichische Gesellschaft für Meteorologie : *Bioklimatische Beiblätter der Meteorologischen Zeitschrift,* B 348[A]; *Meteorologische Zeitschrift,* Z 38.

— Medizinische Fakultät : *Programm des* 58 *Fortbildungs kursus; Verzeichnis der Ärztekurse im Studienjahre* 1936-1937.

Belgique.

BRUXELLES. — Académie royale de Belgique. Classe des sciences : *Bulletin*, B 895; *Mémoires*, M 450.

— Académie royale de médecine de Belgique : *Bulletin,* B 899.

— Conseil de Recherches métapsychiques de Belgique : *Bulletin.*

— Institut belge de recherches radioscientifiques : *Publications.*

— Ministère de l'Agriculture : *Bulletin du Jardin botanique de l'État,* B 1995.

— Musée royal d'histoire naturelle de Belgique : *Bulletin*, B 2016; *Mémoires,* M 576.

— Société belge de géologie : *Bulletin*, B 1178.

BRUXELLES. — Société royale zoologique de Belgique : *Annales*, A 988.
— Université : *Recueil de l'Institut zoologique Torley-Rousseau*, R 208[1].

LIÈGE. — Société géologique de Belgique : *Annales*, A 980; *Bulletin; Mémoires*, M 534; *Publications relatives au Congo belge et aux régions voisines* (*Annexe des Annales*).
— Société royale des sciences : *Bulletin*, B 1738[A].

LOUVAIN. — Société scientifique de Bruxelles : *Annales*, A 1101; *Revue des questions scientifiques*, R 1252.

TERVUEREN. — Musée du Congo belge : *Annales*, A 1083.

UCCLE. — Observatoire royal de Belgique : *Annuaire*, A 1315; *Bulletin astronomique*, O 99[A]; *Bulletin séismique*, B 2490.

Danemark.

KOBENHAVN (COPENHAGUE). — Danmarks Geodaetisk Institut : *Bulletin of the Seismological Station*, B 2403[1B]; *Meddelelse*, G 219[C].
— Kgl. Danske Videnskabernes-Selskabs (Académie royale des sciences et des lettres) : *Biologiske Meddelelser*, K 58[1]; *Mathematisk-fysiske Meddelelser*, K 59.
— Kommissionen for Videnskabelige Undersøgelser i Grønland : *Meddelelser om Grønland*, M 191.
— *Danish Ingolf Expedition*.

Espagne.

BARCELONA. — Academia de ciencias y artes : *Memorias*, M 693.
— Institut d'Estudis catalans. Societat de Biologia : *Treballs*, T 212.

MADRID. — Academia de ciencias exactas, fisicas y naturales : *Anuario*, A 1897; *Boletin; Revista*, R 755.
— Junta para ampliacion de estudias e investigaciones cientificas : *Trabajos del museo nacional de ciencias naturales y Jardin Botanico*, J 929.
— Observatorio astronomico : *Anuario*, A 1908; *Boletin astronomico*, B 419[A].
— Sociedad española de historia natural : *Boletin*, A 691; *Revista española de biologia*, B 471.
— Sociedad geografica nacional : *Boletin*, B 460; *Memoria*, S 387[1A].
— Université. Laboratoire de recherches biologiques (Institut Cajal) : *Travaux* (suite de la *Revista trimestral micrografica*), R 929.

SAN FERNANDO. — Instituto y Observatorio de Marina : *Almanaque nautico*, A 555.

Finlande.

ABO. — Academiae Aboensis : *Acta*, A 111[1].

HELSINKI (HELSINGFORS). — Academia scientiarum fennica (Suomalainen tiedeakatemian) : *Annales* (*Toimituksia*), S 750; *F F* (*Folklore Fellows*) *Communications*, F 0[1]; *Julkaisuja* (*Index des publications*).

HELSINKI (HELSINGFORS). — Id. Geophysikalische Observatorium : *Veröffentlichungen.*
— Commission géodésique baltique (Baltische geodätische Kommission) : *Comptes rendus de la* 8e *Session; Sonderveröffentlichung.*
— Commission géologique de Finlande (Suomen geologinen Toimikunta) : *Bulletin*, B 1903 *bis.*
— Merentutkimuslaitos (Institut thalassologique) : *Skrifter*, M 735[1].
— Societas geographica fenniæ : *Fennia*, F 32.
— Societas scientiarum fennica : *Årsbok-Vuosikirja*, S 395[1]; *Bidrag till Kännedom af Finlands natur och folk*, B 318; *Commentationes biologicæ*, S 395[2]; *Commentationes physico-mathematicæ*, S 395[3].
— Suomen geodeettisen laitoksen (Institut géodésique finlandais) : *Julkaisuja (Publications)*, S 751.

Grande-Bretagne et Irlande.

CAMBRIDGE. — International astronomical Union : *Transactions.*
— Observatory : *Annual Report of the Observatory Syndicate*, C 48.
— Philosophical Society : *Biological Review*, P 536[1]; *Proceedings*, P 536.
— Solar Physics Observatory : *Annals*, A 1207.
— *Cambridge Tracts in mathematics and mathematical Physics*, C 49.
CULLERCOATS. — Armstrong College. Dove Marine Laboratory : *Report*, D 247.
DUBLIN. — Royal Dublin Society : *Economic (The) Proceedings*, E 113; *Scientific Proceedings*, J 845.
— Royal Irish Academy : *Proceedings*, P 600.
EDINBURGH. — Geological Society : *Transactions*, T 306.
— Royal Observatory : *Annual Report of the Astronomer Royal for Scotland*, A 1665.
— Royal Physical Society : *Proceedings*, P 601.
— Royal Society : *Proceedings*, P 602; *Transactions*, T 402.
GREENWICH. — Royal Observatory : *Report of the Astronomer Royal to the Board of Visitors*, R 429.
HARPENDEN. — Rothamsted Experimental Station : *Report*, R 507[1A] *Rothamsted Memoirs*, R 1713 *bis.*
LONDON. — British Astronomical Association : *Handbook; Journal*, J 798; *Memoirs*, M 610.
— Chemical Society : *Journal*, M 601; *Proceedings*, A 73.
— Colonial Office. Discovery Committee : *Discovery Reports*, D 222[A].
— Geological Society : *List; Quarterly Journal*, Q 11.
— Institution of Civil Engineers : *Charter*, C 298; *Supplemental Charters by-laws and regulations*, C 298; *Engineering Abstracts*, E 261[A]; *Journal*, M 943; *Minutes of Proceedings*, M 943; *Report of the Committee*, C 612.
— Institution of Mechanical Engineers : *Proceedings*, P 560.
— International tin Research and Development Council : *Bulletin.*

LONDON. — Mathematical Society : *Proceedings*, P 569.

— Meteorological Office : *Annual Report of the Director; Geophysical Memoirs*, M 783; *Meteorological Extracts from the Annual Report of the British Colonies; Monthly Weather Report*, M 781; *Observatories Year Book*, O 100[1]; *Professional Notes*, M 784; *Weekly Weather Report*, M 781.

— National Physical Laboratory : *Report for the Year.*

— Royal Aeronautical Society : *Journal*, J 840[1].

— Royal Astronomical Society : *Geophysical Supplement*, M 1256; *Monthly Notices*, M 1256.

— Royal Geographical Society : *Geographical Journal* C 231.

— Royal Institution of Great Britain : *Proceedings*, N 258; *Record*, R 196[1].

— Royal Microscopical Society : *Journal*, T 361.

— Royal Society : *Obituary Notices of Fellows*, O 0[1]; *Philosophical Transactions*, P 225; *Proceedings*, A 72; *Year Book*, Y 20.

— Royal Society of Medicine : *Proceedings*, P 603.

— Stationery Office : *The Nautical Almanac and astronomical Ephemeris*, N 73.

— *The Birth Control News*, B 363 *bis*[A].

— *Nature*, N 51.

MANCHESTER. — Literary and philosophical Society : *Memoirs and Proceedings*, M 627.

OXFORD. — University Observatory : *Annual Report; Communications*, C 616[A].

SIDMOUTH. — Norman Lockyer Observatory : *Council's Report and Accounts; Director's Annual Report*, N 203[2]; *Monthly Notices.*

SOUTHPORT. — Auxiliary Observatory (Fernley Observatory) : *Annual Report and Results of meteorological Observations*, B 671.

Grèce.

ATHÈNES. — Académie d'Athènes : *Praktica*, A 78[A].

— Union interbalkanique : Revue mathématique, R 1418[B].

— Université. Instituti et Muséi zoologici : *Acta*, A 124[1A].

— *Revue des sciences économiques et financières*, R 1258[A].

LE PIRÉE. — *Alieutike*, A 341[B].

Hongrie.

BUDAPEST. — Ungarische Akademie der Wissenschaften : *Mathematischer und natūrwssenschaftlicher Anzeiger*, M 140.

— *Geologica Hungarica*, G 243[2].

— *The Hungarian Quarterly.*

— *Nouvelles danubiennes.*

— *Pesti Hirlap.*

Islande.

REYKJAVIK. — Societas scienciarum islandica (Visindafelag islendinga) : *Publications*, S 393^{3B}; *Skýrsla*.

Italie.

BOLOGNA. — Societa italiana di fisica : *Il nuovo cimento*, G 348.
— *Annali di matematica pura ed applicata*, A 1158^{1}.

CARLOFORTE. — R. Stazione astronomica e geofisica : *Publications*.

CITTA DEL VATICANO. — Pontificia Academia scientiarum novi Lyncæi : *Acta*, A 2538; *Memorie*, M 708; *Resoconto della seduta solenne*... ; *Scientiarum nuncius radiophonicus*, S 223^{A}.

FIRENZE. — Biblioteca nazionale centrale : *Bollettino delle Pubblicazioni italiane*, B 629.

MILANO. — Fondazione scientifica Cagnola dalla sua istituzione in poi : *Atti*, A 2543.
— Istituto italiano del Freddo : *L'Industria italiana del Freddo*, I 105^{B}.
— Ministero dei lavori pubblici. Servizio idrografico. Sezione di Milano : *Annali idrologici*, U 8^{1}.
— Reale Istituto lombardo di Scienze e Lettere : *Memorie*, M 705 *bis; Rendiconti*, R 175.
— *Scientia*, R 1665.

NAPOLI. — Reale osservatorio vesuviano : *Annali*, A 1134.
— Societa italiana di Biologia sperimentale : *Bollettino*, B 618^{1}.
— Societa italiana di Medicina costituzionalista : *La Critica sanitaria*, C 1082^{A}.
— Union géodésique et géophysique internationale. Association de volcanologie : *Bulletin volcanologique*, B 2542^{2}.

PALERMO. — Circolo matematico : *Rendiconti*, R 329.

PARMA. — Ministero dei lavori pubblici. Servizio idrografico. Ufficio idrografico del Po. Sezione di Parma : *Annali idrologici*, U 8^{1}; *Pubblicazioni*, M 926^{A}.

PISA. — Reale Scuola d'Ingegneria : *Pubblicazioni*, R 177 bis^{1}.

ROMA. — Consiglio nazionale delle Ricerche : *Bibliografia Italiana*, B 226 *bis; La ricerca scientifica*, B 567^{A}.
— Ente nazionale per la Industrie turistiche : *Italie voyages* puis *Italia*, I 400^{A}; *Nouvelles touristiques*.
— Id. Servizio meteorologico dei Stazioni di Cura, Soggiorno e Turismo : *Bollettino mensile*.
— Institut international d'agriculture : *Revue internationale d'agriculture*, B 1902.
— Ministero dell' aeronautico. Direzione generale dei servizi del materiali e degli aeroporti. Ufficio presagi : *Riassunto mensile; Sondaggi aerologici; Sondaggi aerologici ed osservazioni delle nubi*, S 526^{A}.
— Ministero dell'agricoltura e delle foreste : *Nuovi annali dell' agricoltura*, A 1131.

ROMA. — Id. Fondazione per la sperimentazione e la ricerca agraria : *Annali delle sperimentazione agraria*, A 1148^A.

— Reale Accademia nazionale dei Lincei : *Atti*, A 2546; *Indice degli atti accademici*, 1925-1934; *Memorie*, A 2546.

— R. Osservatorio astronomico di Roma sul Campidoglio : *Calendario*, C 22^A; *Contributi scientifici*, R 177^bisB.

— *L'indagine filatelica e grafica.*

SIENA. — R. Accademia dei Fisiocritici. Seziona medico-fisica : *Atti*, A 2535.

TORINO. — Reale Accademia delle Scienze : *Atti*, A 2547; *Memorie*, M 949.

VENEZIA. — R. Comitato talassografico italiano : *Memorie*, S 394[1] et R 173[2].

— Reale Istituto veneto di scienze lettere ed arti : *Atti*, A 2571; *Memorie*, M 706.

Latvie.

RIGA. — Latvijas Biologijas Biedrîbas (Société de biologie de Lettonie) : *Raksti* (*Bulletin*), L 46^bisB.

— Latvijas Universitates : *Raksti.*

Lithuanie.

DOTNUVA. — Zemès Ukio akademijos Leidinys (Académie agricole) : *Metràstis*, 828^C.

Luxembourg.

LUXEMBOURG. — Institut für Krebsforschung : *Blätter zur Erforschung der Krebsentstehung und Krebsverhütung.*

Monaco.

MONACO. — Bureau hydrographique international : *Annuaire*, A 1493[1]; *Carte générale bathymétrique des Océans; Revue hydrographique*, R 1377[1].

— Institut océanographique : *Bulletin*, B 2015.

Norvège.

BERGEN. — Chr. Michelsens Institutt for Videntskap of Åndsfrihet : *Beretninger*, B 113^3A.

— Meseum : *Årsberetning*, B 118; *Årbok*, B 118; *Skrifter*, B 119.

— Norske Institutt for Kosmisk fysikk : *Publikasjoner*, P 882^1A.

OSLO. — Norske videnskaps-Akademi : *Årbok*, N 222[2]; *Astrophysica norvegia*, A 2490^1A; *Geofysiske Publikasjoner*, G 221 *bis.*

— Norwegische Meteorologische Institut : *Jahrbuch*, N 214.

Pays-Bas.

AMSTERDAM. — Koninklijke Akademie van Wetenschappen : *Proceedings of the Section of Sciences*, K 81 ; *Verhandelingen*, V 25.
— Nederlandsche botanische Vereeniging : *Nederlandsch Kruidkundig Archief*, N 92 ; *Recueil des travaux botaniques néerlandais*, N 92.
— Union internationale des sciences biologiques : *Publications*.
— University. Astronomical Institute : *Publications*, P 848 *bis*.
DE BILT. — Koninklijk nederlansch meteorologisch Instituut : *Ergebnisse aerologischer Beobachtungen*, E 333 ; *Jaarboek* (*Annuaire*), M 816 ; *Mededeelingen en Verhandelingen; Oceanographische en meteorologische Waarneningen in de chineesche zeeën; Overzicht der meteorologische Waarnemingen, verricht op de meteorologische Stations in Nederlandsch West-Indië; Seismeische registrierungen in De Bilt*, S 272.
HAARLEN. — Musée Teyler : *Archives*, A 2162.
— Société hollandaise des sciences : *Archives néerlandaises de phonétique expérimentale*, A 2184^{A} ; *Archives néerlandaises de physiologie de l'homme et des animaux*, A 2185 ; *Archives néerlandaises de zoologie*, A 2184^{B}.
— Teyler's Tweede Genootschap : *Verhandelingen*, V 32.
LEIDEN. — University. Kamerlingh Onnes Laboratory : *Communications*, C 616.
ROTTERDAM. — Passenger Department of the Rotterdam Lloyd Royal Dutch Mail : *Lloyd Mail*, L 129^{A}.
'S GRAVENHAGE. — *Physica*, P 302^{B}.

Pologne.

KRAKOV (CRACOVIE.) — Polska Akademja Umiejetnosci (Académie polonaise des sciences et des lettres) *Rocznik* (*Annuaire*), R 1706 ; *Sprawozdaniaz czynności i posiedzen* (*Rapports*), S 569^{1} ;
— Id. Classe des sciences mathématiques et naturelles : *Bulletin international*, B 2196 ; *Comptes rendus mensuels des séances*, C 760^{1A} ; *Rozprawy* (*Mémoires*), R 1741.
— Polskiego Towarzystwa geologicznego (Société géologique de Pologne) : *Rocznik* (*Annales*), R 1704^{2}.
LWOW. — Société polonaise des naturalistes « Kopernik » (Polskie Towarzystwo Przyrodników im Kopernika) : *Kosmos*, K 89^{1}.
— Uniwersytet Jana Kazimierza. Instytut geofizijki i meteorologji : *Komunikaty*, I 237^{1}.
PULAWY. — Institut national polonais d'économie rurale (Panstwowego Instytut naukowego gospodarstwa wiejskiego : *Mémoires* (*Pamietnik*), P 27^{1}.
WARSZAWA (VARSOVIE). Akademji nauk technicznych (Académie des sciences technique) : *Annales* (*Rocznik*), A 841^{A}.
— Institut Nencki de biologie expérimentale : *Acta biologica experimentalis*, A 113^{D}.
— Mianowski Institute for the Promotion of Science and Letters : **Organon**, O 192^{C}.

WARSZAWA (VARSOVIE). — Panstwowego Instytutu Geologicznego (Service géologique de Pologne) : *Sprawozdanie* (*Bulletin*), B 2033.

— Panstwowy Instytut Meteorologiczny (Institut météorologique de Pologne) : *Kok Polarny; Prace* (*Mémorial*), P 385[B]; *Suplément*, P 31[B]; *Wiadomosci meteorologiczne i Hydrograficzne* (*Bulletin météorologique et hydrographique*) P 31[C].

— Polskiego towarzystwa fizycznego (Société polonaise de physique) : *Acta physica polonica*, S 566[1].

— Societas botanicorum Poloniæ : *Acta*, A 134[1].

— Towarzystwa Naukowego Warszawskiego (Société des sciences et des lettres) : *Annuaire* (*Rocznik*), R 1704[1]; *Archives de biologie* (*Archiwum nauk biologicznyck*), A 2287[2]; *Comptes rendus des séances* (*Sprawozdania*), C 671; *Organizecja-dzialalnošć srodki*, P 332[bis C]; *Planta Polonica*.

— Uniwersytetu Jozefa Pilsudskiego. Obserwatorjium astronomicznego : *Okolnik* (*Circulaire*), C 418[A]; *Publications*.

— *Prace matematyczno-fizyczne*, P 385.

Portugal.

COIMBRA. — *Noticias farmacéuticas*, N 259[A].

LISBOA. — Direccão geral de Minas e Serviços geológicos : *Comunicações dos serviços geológicos de Portugal*, C 614[1].

— Instituto bacteriologico Camara Pestana : *Arquivos*, A 2118.

— Universidade. Museu e Laboratorio mineralogico e geologico : *Boletim*, B 406[6B].

PORTO. — Faculdade de ciencias : *Anaïs*, A 655[1].

Roumanie.

BUCURESTI (BUCAREST). — Societatii Române de fizica : *Buletinul*, B 777[B].

— Société médicale des hôpitaux : *Bulletins et Mémoires*, B 2170.

— *Revue de sensibilisation et d'immuno-biologie clinique*, R 1183[A].

CLUJ. — *Mathematica*, M 136[A].

JASSY. — Université : *Annales scientifiques*, A 1121.

TIMIŞOARA. — École polytechnique : *Bulletin scientifique* (*Compte rendu des séances de la Société scientifique*), B 2479[1B].

Russie.

KARADAGH. — Station biologique : *Travaux*, T 453[A].

KHARKOW. — Université : *Communications de l'Institut des sciences mathématiques et mécaniques de l'Université et de la Société mathématique de Kharkow*, C 615.

— Id. Astronomical observatory : *Publications*, P 807.

KIEFF. — Académie des sciences de l'Ukraine. Institut de chimie : *Mémoires*.

— Université d'État : *Bulletin scientifique* (*Recueil chimique*), U 126[A].

LENINGRAD. — Institut des Mines : *Annales,* A 864[1A].
— Université d'État A. S. Boubnof : *Annales,* L 66[A].
— Id. Observatoire Astronomique : *Publications.*

MOSKVA. — Académie des sciences : *Priroda* (*La Nature*), P 479[1].
— Id. Classe des Sciences Mathématiques et Naturelles : *Bulletin,* B 2485; *Comptes rendus* (*Doklady*), C 628.
— Id. Commission Polaire : *Travaux.*
— Id. Institut de Botanique : *Botanique soviétique,* S 543[1A]; *Flora U. R. S. S., Travaux,* T 440[C].
— Id. Institut de chimie générale : *Annales du Secteur d'analyse physico-chimique,* I 234[B]; *Annales du Secteur du Platine,* I 234[C].
— Id. Institut de géographie physique : *Problèmes de géographie physique; Travaux,* T 440[1C].
— Id. Institut d'énergétique : *Transactions.*
— Id. Institut d'histoire des sciences et technologie : *Archives; Transactions; Travaux.*
— Id. Institut géologique : *Travaux.*
— Id. Institut Lomonossoff de géochimie, cristallographie et minéralogie : *Transactions; Travaux,* T 440[5B].
— Id. Institut pétrographique Loewinson Lessing : *Travaux,* T 442[A].
— Id. Institut physico-mathématique Stekloff : *Travaux,* A 96[3D].
— Id. Institut séismologique : *Publications.*
— Id. Institut zoologique : *Faune de l'U. R. S. S.; Travaux; Travaux analytiques de la Faune de l'U. R. S. S.*
— Id. Station limnologique du lac Baykal : *Travaux,* T 454[A].
— Botanical Institute : *Microbiology* (*en russe*), M 839[A].
— Congrès géologique international : *Circulaire.*
— Institut de médecine expérimentale : *Archives des sciences biologiques,* A 2157.
— International Agrarinstitut : *Die Agrarfrage und die gegenwärtige Bauernbewegung.*
— Société des naturalistes : *Bulletin,* B 1629.
— Université d'État : Faculté physico-mathématique : *Travaux de recherches scientifiques de l'Institut de Zoologie.*
— *Journal chimitcheskoï promychlenosti* (*Journal de chimie industrielle*), J 306[1].
— *Matematičeski Sbornik* (*Recueil Mathématique*), M 125.
— *Problems of Soviet Geology,* P 487[1A].

ODESSA. — Université : Travaux (*mathématique*).

TIFLIS. — Université d'État : *Travaux,* T 153[A].

TOMSK. — W. W. Kouibyschews-Staatsuniversität : *Arbeiten.*
— Id. Institut scientifique de biologie : *Travaux.*

VORONEG. — Universita : *Acta,* A 141[B].

Suède.

GÖTEBORG. — Kunglika Vetenskaps-och Vitterhets-Samhälles : *Handlingar*, G 374.

STOCKHOLM. — K. Svenska Vetenskaps Akademiens : *Arkiv för Botanik*, B 331; *Arkiv för Kemi, Mineralogi och Geologi*, B 331; *Arkiv för Matematik, Astronomi och Fysik*, B 331; *Arkiv för Zoologi*, B 331; *Arsbok*, K 67; *Handlinger*, S 775; *Skrifter i naturskyddsärenden*, K 67[1].

— Observatorium : *Astronomiska iakttahelser och undersökningar*, A 2490.

— Statens meteorologisk-hydrografiska anstalt : *Årsbok*, S 590[1]; *Meddelanden* (*Communications*), M 174.

— Sveriges geologiska undersökning : *Årsbok*, S 776*bis*; *Avhandlingar och Uppsatser*.

— *Les prix Nobel*, P 483.

UPPSALA. — Kungl. Vetenskaps-Societeten : *Liste des membres*.

— Université. Anatomische Institut : *Lakäreförenings Förhandlingar*, U 212.

— Id. Observatoire météorologique : *Bulletin mensuel*, B 2318.

— *Acta mathematica*, A 126.

Suisse.

BÂLE. — Société de chimie helvétique : *Helvetica chimica acta*, H 52.

BERNE. — Bibliothèque nationale suisse : *Catalogue*.

GENÈVE. — Observatoire : *Publications*, O 29.

— Société astronomique Flammarion : *Bulletin*, B 1171[1].

— Société de physique et d'histoire naturelle : *Comptes rendus des séances*, C 665.

— Société des Nations : *Publications*.

— *Archives des sciences physiques et naturelles*, B 313.

LAUSANNE. — Institut international de mécanoculture : *Le courrier de l'I. M. C.*, C 1062[A].

— Société helvétique des sciences naturelles : *Mémoires*, D 37.

— Id. Commission géologique : *Atlas géologique; Matériaux pour la carte géologique de la Suisse*, M 131.

— Société vaudoise des sciences naturelles : *Bulletin*, B 1862; *Mémoires*, M 558[1].

NEUCHÂTEL. — Institut Adrien Guebhard-Séverine : *Annales Guebhard-Séverine*, A 868[3].

ZURICH. — Eidgenössiche Sternwarte : *Astronomische Mitteilungen*, M 1066.

— Id. International astronomical Union : *Bulletin for character figures of solar phenomena*, B 2173[A].

— Schweizerische meteorologische Zentral-Anstalt : *Annalen*, S 165.

Tchécoslovaquie.

BRNO. — Écoles des hautes études vétérinaires (Vysoká Školá zvěrolékařské) : *Publications biologiques* (*Biologicke Spisy*), P 821[1].

BRNO. — Komise na přirodovědecký výzkum Moravy a Slezska : *Zpravy (oddělini mineralogicke)*, Z 221^{A}.
— Université Masaryk. Faculté de Médecine : *Publications (Spisy)*, P 835^{2}.
— Id. Faculté des sciences : *Publications (Spisy)*, S 558.

PRAHA (PRAGUE). — Ceská Akademie Věd a Umeni (Academie tchèque des sciences et des arts) : *Rozpravy*, R 1740.
— Id. Classe des sciences mathématiques, naturelles et médicales : *Bulletin international*, B 2197.
— Institut géophysique national (Státni Ustav geofysikálni). Station séismologique : *Bulletin séismique*, B 2489^{A}.
— Jednoty ceskoslovenskijch matematiků a fysiků (Association tchécoslovaque de mathématique et de physique) : *Casopis pro pěstovani matematiky fisikay*, C 89.
— Observatoire national (Státni Hvězdárny) : *Annuaire astronomique (Hvězdářská Ročenka)*, H 142.

Turquie.

ISTAMBOUL. — Société turque de médecine : *Bulletins (ancienne Gazette médicale d'Orient)*, G 128.
— Université. Faculté des sciences : *Revue (Istambul üniversitesi fen fakültesi mecmuasi)*, I 384^{A}.
— *La Turquie Kamâliste.*

Yougoslavie.

BEOGRAD (BELGRADE). — Université. Institut et Jardin botaniques : *Bulletin*, 1016^{A}.
— Observatoire astronomique : Bulletin; *Mémoires*, M 462^{B}; *Publications*, 829$^{bisA\ et\ B}$.

ASIE.

Chine.

CANTON. — Meteorological Observatory : *Monthly Meteorological Bulletin*, C 69^{C}.

HONG-KONG. — Royal Observatory : *Meteorological Results.*

HSHINCHING. — Institute of scientific Research Manchoukuo : Report, R 472^{A}.

NANKING. — Academia Sinica. National Research Institute of Biology : *Sinensia*, S 343^{B}.
— Geological Society of China : *Bulletin*, B 2365^{1}.
— Geological Survey of China : *Geological Bulletin*, B 2366 *bis; Geological Memoirs*, M 617; *Paleontologia sinica*, P 16 *bis; Seismological Bulletin*, S 275^{1A}.
— Marine Biological Association of China : *Annual Report*, M 105^{A}.
— National Central University : *Science Reports.*
— Science Society of China : *Contribution from the biological Laboratory*, C 984^{A}.

PEIPING (PEKING). — Chinese chemical Society : *Journal,* J 779[2A].
— Fan Memorial Institute of Biology : *Bulletin,* B 2360[2B].
— National Academy. Institute of Physics : Contributions, C 989[1C].
— Id. Institute of Physiology : *Contributions,* C 989[1C].
— National Tsing Hua University : *Science Reports,* S 215[A]
SHANGHAÏ. — Chinese Mathematical Society : Journal.
— Chinese physical Society : *Chinese Journal of Physics,* C 350[A].
— Science Institute : *Journal (Studies from the Department of Biology; Studies from the Department of Pathology).*
ZO-SÉ. — Observatoire astronomique : *Annales,* A 881.

États du Levant sous mandat français.

BEYROUTH. — Service central météorologique : *Bulletin mensuel,* B 2034[1].

Indes anglaises.

BOMBAY. — Government Observatories : *Magnetic Meteorological and Seismographic Observations,* M 60.
CALCUTTA. — Geological Survey of India : *Memoirs,* M 620; *Records,* R 193.
— Indian Chemical Society : *Journal,* J 817[1].
— Indian Museum : *Memoirs,* M 625; *Records,* R 196.
— Zoological Survey of India : *Report,* A 1823.
CEYLON. — *Ceylon Journal of Science,* C 198[1].
KODAIKANAL. — Observatory : *Bulletin,* K 49; *Report,* A 1713.
MADRAS. — Indian Mathematical Society : *Journal,* J 818; *The Mathematics Student.*

Indes françaises.

PONDICHÉRY. — *Observations météorologiques des Établissements français dans les Indes.*

Indochine.

CAUDA. — Institut océanographique de l'Indochine. Station maritime de Cauda : *Notes,* S 317[1].
HANOÏ. — Service géologique de l'Indochine : *Bulletin,* B 2032.
— Service météorologique : *Chronique météorologique mensuelle,* G 385 *bis*[A].
— *Bulletin économique de l'Indochine,* B 2153.
PHU LIEN. — Observatoire central. Service météorologique de l'Indochine : *Annales.*

Japon.

FUKUOKA. — Kyushu Imperial University : *Memoirs of the Faculty of Engineering,* M 614.

HIROSHIMA. — University : *Journal of Science*, J 775[A].

KEIJO. — Imperial University. Medical Faculty : *The Keijo Journal of medicine*, K 23[A].

KYOTO. — Imperial University : *Acta scholæ medicinalis*, A 134.
— Id. College of Agriculture : *Memoirs*, M 613[1].
— Id. College of Engineering : *Memoirs*, M 615.
— Id. College of Science : *Memoirs*, M 615.

NAGOYA. — University (Nagoya Ikwa-Daigaku) : *Nagoya Journal of Medical Science*, N 8[1].

OSAKA. — Imperial University. Faculty of Science : *Collected Papers*, O 203[C].

RYOJUN. — College of Engineering : *Memoirs*, M 641[1].

SAPPORO. — Hokkaido Imperial University : *Calendar*, H 85[A].
— Id. Faculty of Engineering : *Memoirs*, M 616[2].
— Hokkaido Imperial University. Faculty of Science : *Journal*, J 810[A].

SENDAI. — Saito Gratitude Foundation (Saito-Ho-On-Kai) : *Annual Report of the Work*, A 1814[1].
— Tôhoku Imperial University : *Science Reports*, S 215 *bis; Technology Reports*, T 59; *Tôhoku Mathematical Journal*, T 180.
— Id. Anatomische Institut : *Arbeiten*, A 1949.
— Id. Pathologische Institut : *Mitteilungen über allgemeine Pathologie und pathologische Anatomie*, M 1065[1].

TAIHOKU. — Imperial University. Faculty of Science and Agriculture : *Memoirs* M 612[2A].

TOKYO. — Agricultural chemical Society of Japan : *Journal*.
— Chemical Society of Japan : *Bulletin*, B 2355[1].
— Department of Railways : *Annual Report*, D 128[1A].
— Imperial Academy : *Proceedings*, P 554[1].
— Imperial University. Aeronautical Research Institute : *Report*, R 425[1].
— Id. Astronomical Observatory : *Annals*, A 880; *Astronomical Bulletin*, T 181[1].
— Id. Earthquake Research Institute : *Bulletin*, B 2360[1]; *Seismometrical Report*, S 277[A].
— Id. Faculty of Engineering : *Journal*, J 810[1].
— Id. Faculty of Science : *Journal*, M 642 et J 810[2].
— Id. Government Institute for Infectious Diseases : *Japanese Journal of Experimental Medicine*, J 245[ter 1 A].
— Institute of Physical and Chemical Research : *Bulletin*, B 2377[1]; *Scientific Papers*, S 229.
— Iwata Institute of Plant Biochemistry : *Acta phytochimica*, A 131.
— National Research Council of Japan : *Japanese Journal of Astronomy and Geophysics*, J 245; *Japanese Journal of Botany*, J 245 *bis*; *Japanese Journal of Engineering*, J 245 *ter*; *Japanese Journal of Mathematics*, J 245[ter 3]; *Japanese Journal of Medical Sciences*, J 245 *quater; Japanese Journal of Physics*, J 245 *quinter; Report*.
— Id. Radio Research Committee : *Reports of Radio Researches in Japan*, N 27[bis A].

TOKYO. — Physico-mathematical Society of Japan : *Proceedings*, T 184.
— Society of Aeronautical Science of Nippon : *Journal*.
— Society of Mechanical Engineers : *Transactions*, T 407^{A}.
— University of Litterature and Science (Tokio Bunrika Daigaku); *Science Reports*, S $215^{bis B}$.
— *What is Nippon Kokutai?*

Syrie.

KSARA. — Observatoire : *Annales*, A 885^{1}.

AFRIQUE.

Afrique Occidentale française.

ABIDJAN. — Service météorologique : *Revue des températures*.
CONAKRY. — Service météorologique de la Guinée : [*Bulletin pluviométrique*].
DAKAR. — Comité d'Études historiques et scientifiques de l'A. O. F. : *Publications*.
— Service géologique de l'A. O. F. : *Rapport annuel*, S 307^{A}.

Algérie.

ALGER. — Institut Pasteur d'Algérie : *Archives*, A 2116^{3}.

British East African.

NAIROBI. — Meteorological Service : *Bulletins of Daily Rainfall in Kenya Colony; in Northern Rhodesia; in Tanganyika Territory; in Uganda Protectorate*, S 740^{B}.

British West African.

LAGOS. — Geological Survey of Nigeria : *Annual Report*, A 1728^{A}.

Côte française des Somalis.

DJIBOUTI. — Service météorologique de la Côte française des Somalis : *Journal officiel*, J 885^{2}.

Égypte.

CAIRO. — Egyptian University. Faculty of Sciences : *Prospectus for the Academic Year*, E 139^{B}; *Report for the Session*, E 139^{C}.
— Institut d'Égypte : *Bulletin*, B 1016; *Mémoires*, M 590.

CAIRO. — Ministry of Agriculture. Technical and Scientific Service : *Bulletin*, M 939.
— Ministry of Finance. Survey of Egypt : *Geology of Egypt*, G 274[1].
— Royal agricultural Society. Chemical Section : *Summarised Translation of Bulletin*, R 1722[1A].
— Id. Plant Breeding Section : *Bulletin*.
— Id. Technical Section : *Bulletin*.

Madagascar.

TANANARIVE. — Académie Malgache : *Bulletin*, B 2510; *Mémoires*, M 450[1].
— Gouvernement général de Madagascar et dépendances : *Bulletin économique trimestriel*, B 2154; *Carte géologique de reconnaissance; Revue de Madagascar*, B 1977.
— Id. Service des Mines : *Annales géologiques*, A 1101[A].
— Service météorologique de Madagascar : *Observations météorologiques*, O 72; *Publications*, P 840[2C].

Maroc.

RABAT. — Société des sciences naturelles du Maroc : *Bulletin*, B 1576[1]; *Mémoires*, M 525.

Maurice (Ile).

PORT-LOUIS. — Royal Society of Arts and Sciences of Mauritius : *Transactions*, T 401.

Réunion (Ile de la).

SAINT-DENIS. — *Revue agricole de l'Ile de la Réunion*, R 950 *bis*.

Togo.

— *Bulletin météorologique*.

Tunisie.

TUNIS. — Institut Pasteur de Tunis : *Archives*, A 2117.
— Service botanique et agronomique de la direction des affaires économiques de Tunisie : *Annales*, A 1089[1].

Union of South Africa.

BLOEMFONTEIN. — Nasionale Museum : *Argeologiese Navorsing*, A 2290[A]; *Soölogiese Navorsing*, S 526[D].
CAPETOWN. — Royal Observatory Cape of Good Hope : *Report of His Majesty's Astronomer at the Cape of Good Hope to the Secretary of the Amiralty*, R 424.

AMERIQUE.

Argentine

Buenos-Aires. — Asociacion argentina de Electrotecnicos : *Revista electrotecnica.*
— Instituto de medicina experimental : *Boletin*, B 503[B].
— Ministerio de guerra. Direccion de remonta : *El Caballo*, C 0[A].
— Sociedad argentina de ciencias naturales : *Physis*, P 324.
— Sociedad cientifica argentina : *Anales*, A 687.
— Universidad. Facultad de Ciencias exactes, fisicas y naturales : *Publicaciones*, U 105 *bis*[1B] et 525[1A].
La Plata. — Universidad nacional. Facultad de ciencias fisicomatematicas : *Contribucion al estudio de las ciencias fisicas y matematicas*, C 981[A]; *Publicaciones.*
— Id. Facultad de ciencias quimicas : *Revista*, R 753.

Brésil.

Rio de Janeiro. — Academia brasileira de ciencias : *Annaes*, A 748[A].
— Museo nacional : *Archivos*, A 2280; *Boletim*, B 406 *bis*[1].
— Observatorio nacional : *Annuario*, A 1868; *Taboas das marés*, T 28[1].
— *Biologia medica.*
— *Revista medico-cirurgica do Brasil*, R 883.
Sao Paulo. — Associaçâo paulista de medicina : *Revista*, R 702[1B].
— Universidade. Museu Paulista : *Revista*, R 823.

Canada.

Halifax. — Nova Scotian Institute of Science : *Proceedings*, P 493.
Ottawa. — Canadian Patent Office : *Record and Register of Copyrights and Trade Marks*, C 66.
— Department of Mines : *Mines Branch.*
— Id. Musée national du Canada : *Bulletin*, G 249.
— Department of the Interior. Dominion Astrophysical Observatory : *Publications*, D 137.
— Id. Dominion Observatory : *Preliminary Report of the Earthquake.*
— Id. Geodetic Survey : *Annual Report of the Director*, A 1796.
— Royal Society of Canada : *Transactions*, M 582.
Toronto. — Ministry of Fisheries. Biological Board of Canada : *Journal*, J 791[1A].
— Royal astronomical Society of Canada : *Journal*, T 281.
— Royal Canadian Institute : *Transactions*, C 63.

Chili.

SANTIAGO. — Observatorio del Salto : *Boletines de estudio,* B 521[1].

Cuba.

LA HABANA. — Oficina interamericana de Marcas : *Boletin.*
— Secretaria de Comercio : *Boletin oficial de marcas y patentes,* B 558.
— *Medicina de Hoy.*
— *Revista de Parasitologia, clinica y laboratorio,* R 787 *bis*[1A].

États-Unis.

ALBANY. — Department of Labor : *The Industrial Bulletin,* B 2201.
— N. Y. State department of Health. Division of Laboratories and Research : *Annual Report,* N 158[1A].
— University of the State of New-York. New-York State Museum : *Bulletin,* B 2397 *bis.*
— *Astronomical Journal,* A 2454.

ANN ARBOR. — University of Michigan. Laboratory of vertebrate genetics; *Contributions,* C 989[1F].
— Id. Museum of Zoology : *Occasional Papers,* O 121.
— Id. Observatory : *Publications,* D 149.

BALTIMORE. — Johns Hopkins University : *American Journal of Mathematics,* A 598, *Circular,* J 274.

BERKELEY. — University of California : *Publications,* U 149.

BOSTON. — American Academy of Arts and Sciences : *Memoirs,* M 603; *Proceedings,* P 500.

BOULDER. — University of Colorado : *Bulletin,* C 106; *Studies,* U 152.

BROOKLYN. — Ecological Society of America : *Ecology,* E 109 *bis.*

CAMBRIDGE. — Harvard College Observatory : *Annals,* A 1192; *Bulletin,* H 30; *Circular,* A 2468.

CHICAGO. — American Medical Association : *Archives of Dermatology and Syphilology,* J 730.
— Field Museum of Natural History : *Leaflet,* F 57[1]; *Publications* (*Anthropological Series, Botanical Series, Geological Series, Report Series, Zoological Series*), F 57 et P 858[A].
— Id. Department of Anthropology : *Leaflet.*
— Siebel Publishing Company : *The Brewers technical Review.*
— University : *The Astrophysical Journal,* A 2491.
— *Bakers technical Digest.*

CINCINNATI. — University Observatory : *Publications*, P 854.

COLOMBUS. — *The Ohio Journal of Science*, O 155.

— Ohio State University : *Studies* (*Bulletin of the Ohio biological Survey*).

EASTON. — American Chemical Society : *Journal*, J 780.

EUGÈNE. — University of Oregon : *Monographs* (*Studies in Botany*).

FLAGSTAFF. — Lowell Observatory : *Bulletin*, B 2384.

GENEVA. — New-York State Agricultural Experimental Station : *Annual Report*, N 142; *Bulletin; Technical Bulletin*, N 143.

IOWA CITY. — Geological Survey : *Annual Reports*, R 467.

— University of Iowa : *Studies*, U 155.

LANCASTER. — Botanical Society of America : *American Journal of Botany*, A 591.

LINCOLN. — Nebraska geological Survey : *Bulletin*, N 88A; *Paper*, N 88B.

— University of Nebraska : *Bulletin*, U 179.

MINNEAPOLIS. — University of Minnesota. Astronomical Observatory : *Publications*, P 849 1A.

MORGANTOWN. — West Virginia University. Southern Appalachian Botanical Club : Journal.

MOUNT HAMILTON. — University of California. Lick Observatory : *Bulletin*, L 81; *Publications*, P 865.

MOUNT WILSON. — Observatory : *Annual Report of the Director*, R 461; *Contributions*, C 76.

NEW-HAVEN. — *American Journal of Science*, A 608.

NEW-YORK. — American Mathematical Society : *Transactions*, T 252.

— American Physical Society : *Physical Review*, P 307.

— Meteorological Observatory : *Annual Tables*, N 157[1].

— Milbank Memorial Fund : *Report of the Year*.

— N. Y. Academy of Sciences : *Annals*, A 1200.

— World Calendar Association : *Journal of Calendar Reform*, J 726A.

— *Science*, S 176.

ORONO. — University of Maine. The Maine Agricultural Exprimental Station : *Bulletin*, U 158.

PHILADELPHIA. — Academy of Natural Sciences : Monographs, A 104A. *Proceedings*, P 498.

— American Philosophical Society : *Proceedings*, P 506; *Transactions*, T 258.

— Franklin Institute : *Journal*, J 812.

PULLMAN. — State College of Washington : *Research Studies*, R 578 1A.

SAINT-LOUIS. — Academy of Science : *Transactions*, T 232.

SAN DIEGO. — Society of Natural History : *Occasional Papers*, O 122A; *Transactions*, T 402[1].

SAN FRANCISCO. — California Academy of Sciences : *Proceedings*, P 534.

STANFORD. — University : *Publications*, L 65.

TROY. — Rensselaer Polytechnic Institute : *Bulletin*, R 344 : *Catalogue*.

WASHINGTON. — Carnegie Institution : *Contributions to Embryology*, C 1004; *Elihu Root Lectures*, E 223^{1A}; *Papers from the Tortugas Laboratory*, P 40; *Publications*, C 77; *Studies in comparative Seismology; Supplementary Publications*, C 77^{A}.

— Id. Department of Genetics : *Annual Report of the Director*, C 74^{1A}.

— Departement of Agriculture : *Circular*, D 113^{1}; *Farmers' Bulletin*, U 78; *Journal of Agricultural Research*, J 718; *Leaflet*, U 78^{B}; *Miscellaneous Publications*, D 114; *Technical Bulletin*, U 80^{1}.

— Id. Soil Conservation Service : *Miscellaneous Publications.*

— Id. Weather Bureau : *Monthly Weather Review*, M 1269.

— Department of Commerce. Bureau of Standards : *Circular*, C 419; *Handbook; Journal of Research*, B 2551^{1}; *Miscellaneous Publications*, D 119; *Research Papers*, R 578^{A}; *Supplementary list of Publications*, U 82^{C}.

— Department of Commerce. Coast and Geodetic Survey : *Serial; Special Publications*, D 122.

— Department of the Interior. Geological Survey : *Bulletin*, B 2406; *Professional Paper*, U 86; *Water Supply Paper*, W 7.

— Id. Office of Education : *Bulletin of the vocational Education* (*Agricultura Series*).

— Id. Office of Education. Committee on Youth problems : *Bulletin.*

— Department of the Navy. Naval Observatory : *American Ephemeris and Nautical Almanac*, A 584.

— Library of Congress : *Report of the Librarian*, L 79.

— National Academy of Sciences : *Biographical Memoirs; Proceedings*, P 574; *Report*, R 492.

— National Geografic Society : *Contributed technical Papers*, N 20^{A}.

— National Research Council : *Organization and members; Report*, A 1762^{2}; *Reprint and Circular Series*, R 563^{1}.

— Smithsonian Institution : *Smithsonian Miscellaneous Collections*, S 381.

— Id. National Museum : *Proceedings*, P 612; *Reports*, R 553.

WYNNEWOOD. — Roslyn House Observatory : Publication.

Guadeloupe.

POINTE A PITRE. — *Bulletin Météorologique.*

Mexique.

MEXICO. — Academia nacional de ciencias « Antonio Alzate » : *Memorias y Revista*, M 695.

— Associación de Ingenieros y Arquitectos : *Revista mexicana de Ingeniera y Arquitectura*, R 896 *bis*^{1}.

— Laboratoire de Plasmogénie : *Bulletin*, B 2006^{1A}

— Universidad nacional : *Universidad.*

— Id. Instituto de Biologia : *Anales*, A 710^{A}.

Paraguay.

ASUNCIÓN. — Sociedad Cientifica del Paraguay : *Revista*, R 758 *bis*[1].

Pérou.

LIMA. — Ministerio de fomento. Cuerpo de Ingenieros de Minas del Peru : *Boletin*, B 501.
— Id. Direccion de minas y petroleo : *Boletin oficial*, B 556[B]; *Reglemento de policia minera*.
— Sociedad de Ingenieros del Peru : *Informaciones y memorias*, I 169.
— Universidad Major de San Marcos. Facultad de ciencias biologicas, fisicas y matematicas : *Revista de ciencias*, R 721 *bis*.
— *Catastro agricola y urbano del Peru*.

Saint-Pierre et Miquelon.

SAINT-PIERRE. — Station météorologique : *Observations météorologiques; Résumé annuel des observations : Sondages aérologiques*.

Venezuela.

CARACAS. — Academia de Ciencias Fisicas, Matematicas y Naturales : *Boletin*, B 433[B].

OCÉANIE.

Australie.

ADÉLAÏDE. — Hospital : *The Medical and scientific Archives*, M 289[1].
BRISBANE. — Royal geographical Society of Australasia : *Queensland geographical Journal*, P 594.
CROHAMHURST. — Observatory : *Paper*, I 219[A].
SYDNEY. — Australian National Research Council : *Australian Science Abstracts*, A 2596[2].
— Royal Society of New South Wales : *Journal and Proceedings*, T 390.

Hawaï (Iles).

HONOLULU. — Department of Public Lands. Division of Hydrography : Bulletin, T 96[A].

Indes Néerlandaises.

BANDOENG. — Netherlands India Volcanological Survey : *Bulletin*, B 2392[1].

BATAVIA. — Department van economische Zaken. Institut voor Plantenziekten : *Mededeelingen*, M 272.

— Koninklijk Magnetisch en Meteorologisch Observatorium : *Observations*, O 48; *Regenwaarnemingen in Nederlandsch-Indië*, O 48 et 54; *Seismological Bulletin*, E 326,

— Netherlands Indies Science Council : *Natuurwetenschapplijke raad voor Nederlandsch-Indië*, N 71[1A].

BUITENZORG. — Jardin botanique (S' Lands Plantentuin) : *Bulletin*, S 376; *Treubia*, T 503 *ter*.

WELTEVREDEN. — Koninklijke Natuurkundige Vereeniging in Nederlandsch-Indië : *Natuurkundig tijdschrift voor Nederlandsch-Indië*, N 70.

Pilot Balloon observations made in the Netherlands Indies, P 329[E].

Philippines (Iles).

MANILA. — Department of Agriculture and Commerce : *The Philippine Journal of Science*, P 220.

FIN DU TOME DEUX-CENT-QUATRIÈME.



COMPTES RENDUS

DES SÉANCES DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES.

TABLES ALPHABÉTIQUES.

JANVIER — JUIN 1937.

TABLE DES MATIÈRES DU TOME 204.

I. — PARTIE SCIENTIFIQUE.

A

B

C

D

E

F

G

H

I

J

L

M

N

O

P

Q

R

S

T

U

V

X

Z

II. — PARTIE ACADÉMIQUE.

A

B

C

D

E

F

I

J

M

N

O

P

S

TABLE DES AUTEURS.

A

B

C

D

E

F

G

H

I

J

K

L

M

N

O

P

Q

R

S

T

U

V

W

Y

Z



GAUTHIER-VILLARS, IMPRIMEUR-LIBRAIRE DES COMPTES RENDUS DES SÉANCES DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES.
107590-38 Paris. — Quai des Grands-Augustins, 55.

